TECHNICZNE NOWOŚCI LOTNICZE



REDAKCJA I ADMINISTRACJA: CZERWONEGO KRZYŻA 9 m. 12 tel. 252-22
CZYNNE CODZIENNIE OD G. 17 DO 18

PRZEDPŁATĘ KWARTALNĄ 7 ZŁ. PRZYJMUJE ADMINISTRACJA I POCZT. KASA OSZCZĘDN. NA KONTO NR. 28358

CENA NUMERU ZŁ. 2.50

WARSZAWA

Nr. 5

STYCZEŃ 1934



Techniczne Nowości Lotnicze

MIESIĘCZNIK TECHNICZNO-NAUKOWY, POŚWIĘCONY LOTNICTWU.

Nr. 5. | Styczeń | 1934 r.



TREŚĆ:

WYTWARZANIE PIERŚCIENI TŁOKOWYCH.

Piston Ring Production
Captain J.S. Irwing
The Automobile Engineer, September, October 1933.

/ zakończenie/

W pracach, ogłaszanych w 1926 i 1927 r. O.W.Potter[1] polecał obróbkę cieplną odlewów, mającą na celu zrazu zmiękczanie ich przed obróbką mechaniczną, następnie zaś utwardzanie ich drogą ogrzewania i studzenia, oraz podał sposób obliczania temperatury krytycznej żeliwa na podstawie jego składu chemicznego.

W Anglji również były przeprowadzone rozległe badania, a J.E.Hurst[2] ogłosił wyniki prób, przedsięwziętych na odlewach odśrodkowych. T.R.Twigger[3], pracujący w tym samym kierunku, doszedł do podobnych wyników, przyczem prowadził on próby na rozciąganie próbek, wyciętych z odlewu w kierunku tworzącej, podczas gdy Hurst poddawał próbom pierścienie.

Właściwość żeliwa przyjmowania większej twardości po hartowaniu jest spowodowana tem, że powyżej temperatury krytycznej część węgla, znajdującego się w niem, wchodzi do roztworu w ilości, zależnej od temperatury, do której żeliwo jest ogrzane, i od składu chemicznego materjału. Szybkie ostudzenie żeliwa od temperatury, przewyższającej krytyczną, powoduje to, że węgiel, znajdujący się w tej temperaturze w roztworze, pozostaje jako składnik martenzytu, który podobnie jak u stali, nadaje materjałowi znaczną twardość. Ponieważ w

---

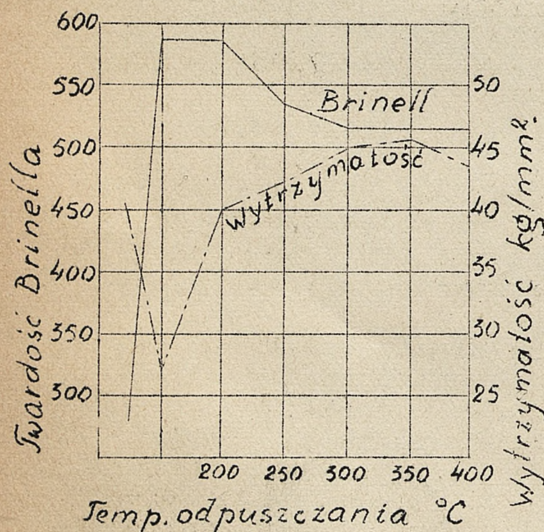
1/O.W.Potter, Foundry, Vol.54, Nos.16,17 i 19, 1926 i Vol.55, No.12 1927.
2/J.E.Hurst, Iron and Stell Industry, Dec.1930.
3/T.R.Twigger, Foundry Trade Journal, Dec.17th, 1931.

miarę wzrostu temperatury żeliwa ponad krytyczną ilość węgla w roztworze staje się coraz większa, więc drogą do silniejszego powiększenia twardości po zahartowaniu jest ogrzanie żeliwa znacznie powyżej temperatury krytycznej.

W obecności dużej zawartości krzemu mała ilość węgla przechodzi do roztworu i hartowanie podwyższa twardość w nieznacznym stopniu. Takie składniki, jak siarka i chrom, przyczyniające się do powiększenia ilości węgla, przechodzącego do roztworu, powodują silniejszy wzrost twardości po hartowaniu. Należy zatem pamiętać, że żeliwo, którego twardość po obróbce cieplnej musi być znaczna, powinno zawierać niewielkie ilości krzemu i kwalifikować się w ten sposób do kategorji żeliw wyższej jakości, przeznaczonych do przenoszenia większych obciążeń.

Odlewy o większem ziarnie nie mogą osiągnąć tak wielkiej twardości, jak odlewy drobnoziarniste, odlewane odśrodkowo. Wprowadzenie tych ostatnich umożliwiło osiągnięcie pewnych wyników przy hartowaniu pierścieni i tulej cylindrowych, będących najważniejszemi częściami silników, wykonywanemi dziś z żeliwa hartowanego i odpuszczanego.

Prace przeprowadzone przez wymienionych autorów/odnośniki 2 i 3 /, wykazały, że hartowanie w oleju powiększa twardość kosztem wytrzymałości na rozciąganie. Zostało to sprawdzone zarówno na próbkach o kształcie pierścienia jak i na podłużnych. Odpuszczanie przyczynia się do powiększenia wytrzymałości tem większego, im wyższa jest temperatura odpuszczania; przy temperaturach odpuszczania 300-350° wytrzymałość żeliwa staje się większa, aniżeli wytrzymałość odlewu nieobrabianego cieplnie. Odpuszczanie zmniejsza twardość, nie ma to jednak wielkiego znaczenia, gdyż twardość ostateczna przekracza zazwyczaj 400 Brinella.



Rys. 2

Wykres, uwidoczniony na rys. 2, i przedstawiający typowe wyniki, otrzymane na próbkach, odlanych metodą odśrodkową, wskazuje na znaczny wzrost twardości przy hartowaniu od 830°, któremu towarzyszy 70 %-owy spadek wytrzymałości w stosunku do pierwotnej wielkości. Odpuszczanie pociąga za sobą zwiększenie wytrzymałości aż do temperatur odpuszczania 300-350°, zaś powyżej nich wytrzymałość znów zaczyna spadać. Jak widać, mimo pewnego spadku twardości pozostaje ona jeszcze powyżej 500 dla największej wytrzymałości.

Przedmiotem badań były również zmiany spółczynnika sprężystości, wywołane hartowaniem i odpuszczaniem. Z punktu widzenia pierścienia tłokowego występują dwa poglądy na ten spółczynnik, posiadające ogromne znaczenie. W stosunku do żeliwa są często wysuwane zastrzeżenia, poddające w wątpliwość doskonałą sprężystość tego materjału; aczkolwiek może to być słuszne, nie ma to zbyt wielkiego znaczenia praktycznego, ponieważ materjał o tak drobnem ziarnie, jak żeliwo, lane odśrodkowo, zbliża się w bardzo wielkim stopniu do materjału idealnie sprężystego. W rzeczywistości okazało się, że po pierwszem obciążeniu żeliwo zachowuje się, jak materjał doskonale sprężysty. Stopień zbliżenia się żeliwa do idealnej sprężystości ma wielkie znaczenie dla zdecydowania, w jakim stopniu pierścień może być rozgięty przy nakładaniu go na tłok. W związku z tem bardzo ważną wielkością dla oceny żeliwa na pierścienie tłokowe jest

trwałe odkształcenie, występujące przy pewnem naprężeniu.

Niezależnie od sprawy trwałego odkształcenia wartość spółczynnika sprężystości posiada wielkie znaczenie dla wyznaczenia nacisków pierścienia na ścianki cylindra. Ponieważ żeliwo nie jest nigdy doskonale sprężyste, przyjęło się oznaczać spółczynniki sprężystości przez En, co ma wskazywać na to, że wartość E jest nominalna. Żeliwo lane odśrodkowo posiada wysoką wartość En i odkształca się przy obciążeniu stosunkowo nieznacznie. Obie te cechy posiadają wielkie znaczenie, ponieważ jedna z nich zapewnia stałość nacisków, wywieranych przez pewną serję pierścieni, druga zaś chroni pierścień od szkodliwego odkształcenia przy nakładaniu go na tłok.

Hartowanie pociąga za sobą zazwyczaj spadek wartości En, czemu przeciwdziała odpuszczanie, tak, że ostateczna wartość En jest zaledwie nieco niższa, niż dla materjału surowego. Przedstawia to tablica I. Wartości trwałego odkształcenia również spadają przy hartowaniu, wskazując na to, że materjał zbliża się do stanu idealnie sprężystego, przyczem należy zwrócić uwagę, że liczba trwałego odkształcenia jest znacznie niższa dla próbek hartowanych i odpuszczonych, niż dla próbek tylko hartowanych. Różnica ta może być przypisana temu, że wytrzymałość materjału zahartowanego jest niższa, niż tego samego materjału po odpuszczeniu. Z tego wynika, że obciążenie tych dwóch kategorjy próbek w tym samym stopniu / zazwyczaj 23 kg/mm^2/ zbliży naprężenie w próbce do naprężenia rozrywającego silniej w wypadku próbki tylko zahartowanej niż w wypadku próbki zahartowanej i odpuszczonej.

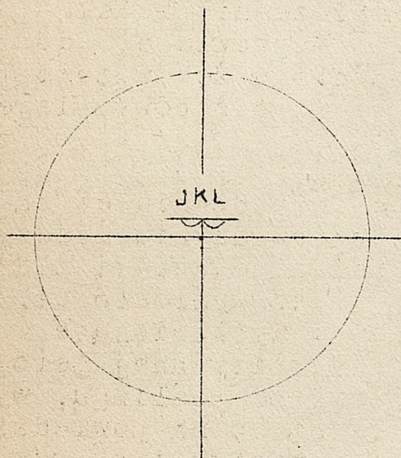
Tablica I.

	Spółczynnik sprężystości En kg/cm^2:10^6	Trwałe odkształcenie %
1. Próbka po odlaniu	1,22	7,95
2. Hartowana w oleju od 830°	1,11	6,2
3. Hartowana jak wyżej odpuszczona przy 200°	1,12	2,86
4. Hartowana jak wyżej odpuszczona przy 250°	1,22	2,82
5. Hartowana jak wyżej odpuszczona przy 300°	1,19	1,64
6. Hartowana jak wyżej odpuszczona przy 350°	1,15	1,50
7. Hartowana jak wyżej odpuszczona przy 400°	1,17	2,78

Wielką ilość badań poświęcono udarności żeliwa, obrobionego cieplnie. Ze względu na znacznie większą kruchość żeliwa aniżeli kruchość stali zwykła próba Izoda nie jest tu dostatecznie czuła. Z punktu widzenia pierścienia tłokowego kruchość materjału jest o tyle ważna, że materjał powinien wytrzymywać nakładanie pierścienia na tłok bez uszkodzenia. Były robione usiłowania oceny kruchości żeliwa przez wyznaczanie wykresów, podających naprężenie w zależności od ugięcia i splanimetrowanie zawartego pod niemi pola. Pozatem robiono próby bardziej bezpośrednie, ważne zwłaszcza dla tulej cylindrów i polegające na upuszczaniu na cylindryczne próbki, umieszczone w rowku o kształcie V, znanego ciężaru ze stałej wysokości. Próby takie wykazały, że pod warunkiem, że odpuszczanie było przeprowadzone przy temperaturze nie niższej od 300° w przeciągu 20 lub 30 minut, zależnie od przekroju materjału, ilość uderzeń, potrzebnych dla złamania hartowanej i odpuszczonej próbki jest większa, niż w

wypadku próbki o tych samych wymiarach, nieobrobionej cieplnie.

Sposób wytwarzania pierścieni obrabianych i nieobrabianych cieplnie jest taki sam aż do chwili, gdy pierścienie mają otrzymać specjalny kształt, zapewniający po ściśnięciu ich dokładne przyleganie pierścieni do tulei. Cylindryczne odlewy zostają obtoczone od wewnątrz i zewnątrz i pocięte na pojedyńcze pierścienie. Pierścienie niehartowane podlegają w tem stadjum zabiegowi, wpływającemu w znacznym stopniu na dokładność gotowego pierścienia, mianowicie obróbce cieplnej przy niskiej temperaturze, usuwającej naprężenia odlewnicze i obróbkowe. Oddziaływanie tych naprężeń po wykończeniu pierścienia miałoby zgubny wpływ na jego dokładność.



Rys. 3.

Jak wiadomo, warunkiem zachowywania przez pierścienie podczas pracy dokładnego kształtu kołowego jest nadanie im pewnego ściśle określonego kształtu w stanie wolnym. Odpowiadająca mu krzywa przedstawiona na rys. 3 jest ewolwentą, opartą na dwóch falach JKL cykloidy, powstałej przez toczenie się koła o średnicy równej 1/12 odstępu między końcami pierścienia.

Normalny sposób nadawania pierścieniom niehartowanym tego kształtu polega na młotkowaniu ich od wewnątrz w specjalnem urządzeniu regulującem siłę uderzenia od pewnego maksymum naprzeciwko rozcięcia do całkowitego prawie jego zaniku przy rozcięciu. Pierścienie, które mają być hartowane, otrzymują prawidłowy kształt w uchwycie, w którym są rozszerzane i ogrzewane do właściwej temperatury, poczem ma miejsce studzenie w oleju. Następujące później odpuszczanie nie ma wpływu na kształt pierścienia. Po obróbce cieplnej pierścienie są poddawane próbie na twardość na przyrządzie Rockwella. Twardość ta powinna wynosić C.35 do C.45, co odpowiada twardości 322 do 426 Brinella.

Doświadczenia wskazują na to, że zużycie cylindrów przy stosowaniu pierścieni, obrobionych cieplnie, jest znacznie mniejsze. Być może, iż należy to zawdzięczać większej odporności materjału hartowanego i odpuszczonego na korozję, równie prawdopodobne jest jednak to tłumaczenie, że poprawę powoduje większa twardość i odporność na zużycie. Porównanie używanych pierścieni, wykonanych z odlewu odśrodkowego, zwykłych i obrobionych cieplnie, pozwala na stwierdzenie znacznej różnicy w ich wyglądzie.

Wydaje się rzeczą pewną, że wprowadzenie pierścieni, obrabianych cieplnie, stanowi duży postęp w opanowywaniu zagadnienia zużywania się tulej cylindrów. Pierścienie te pozwalają na osiągnięcie znacznej poprawy przy zastosowaniu ich w starych tulejach, podczas gdy połączenie pierścieni i tulej, wykonanych z żeliwa, hartowanego i odpuszczonego, daje znacznie wybitniejsze zmniejszenie zużycia.

Na zakończenie trzeba podkreślić, że wprowadzenie odlewów odśrodkowych oraz obróbki cieplnej przy wykonywaniu pierścieni stanowi bardzo znaczny postęp w dziedzinie konstrukcji silników spalinowych. Dzięki przeprowadzonym doświadczeniom i badaniom i zwróceniu bacznej uwagi na samo wytwarzanie zdobyto materjał o właściwościach, przedtem nieosiągalnych.

---oooOooo---

DOCIERANIE KÓŁ ZĘBATYCH PO OBRÓBCE CIEPLNEJ
Gear Lapping after Heat Treatment
R.S. Drummond
The Machinist, June 24 1933.

Należy rozróżniać dwa sposoby korygowania profilu zębów: jeden, przy którym usuwa się z nich stosunkowo znaczną ilość materjału, oraz drugi, polerowanie, pozostawiający ilość materjału w zębach prawie bez zmiany. W artykule niniejszym będzie mowa o czynnościach pierwszego rodzaju.

Ostatnie postępy w docieraniu zębów umożliwiły zbieranie z nich dotychczas nieosiągalnych ilości materjału i usuwanie w ten sposób zniekształcenia, wywołanego obróbką cieplną. Jednocześnie z tem zwiększono znacznie trwałość docieraków, mogących poprawić 500 do 1000 kół, przyczem spowodowany przez to błąd w profilu zębów tego narzędzia nie przekracza 0,025 mm mimo że grubość jego zębów maleje wskutek tego o 0,75 do 1,5 mm.

Pierwsza metoda docierania zębów polegała na napędzaniu dwóch współpracujących ze sobą kół przy jednoczesnem doprowadzaniu między ich zęby środka docierającego, jednak korzyści osiągane dzięki niej nie były duże. Główna trudność była spowodowana przez wyniosłości, pozostające niekiedy po obróbce na flankach zębów i wyżłabiające wgłębienia we flankach koła współpracującego. Przy opisywanej metodzie względny poślizg wierzchołka zęba jest większy od poślizgu, występującego przy średnicy podziałowej, to samo zatem można powiedzieć o skuteczności docierania zęba w tych miejscach. W wyniku tych okoliczności dokładność kół po docieraniu bywa nieraz mniejsza niż przed niem.

Dla zapobieżenia ostatniej wadzie wprowadzono do tej metody uzupełnienie, polegające na nadaniu kołom ruchu posuwistego zwrotnego wzdłuż osi. Wzmaga to tarcie o siebie powierzchni zębów, nie usuwa jednak różnicy intensywności poślizgu w poszczególnych punktach zębów. Dalszy rozwój tej metody polegał na zbliżaniu i oddalaniu od siebie środków kół podczas docierania a to w celu rozprowadzenia punktów najsłabszego docierania / średnica podziałowa/ po całej powierzchni zębów. Ten sposób docierania zyskał duże rozpowszechnienie. W pewnych urządzeniach w skład maszyn wchodziła instalacja radjowa, wskazująca za pośrednictwem intensywności dźwięku, spowodowanego współpracą kół, kiedy należało wyłączyć maszynę.

Opisany zabieg nadaje współpracującym kołom odpowiadające sobie kształty zębów, nie będące wszakże ścisłemi ewolwentami ani nie zapewniające jednostajnej szybkości kątowej kół.

Docieranie kół wkroczyło na nową drogę z chwilą wprowadzenia oddzielnego elementu docierającego. Docierak był wykonywany z materjału miększego niż koło docierane i tak dobrany aby dobrze zatrzymywał środek docierający. W ten sposób doprowadzono do tego, że względne zużycia docieraka i koła miały się do siebie jak 20: 1.

Inna metoda polegała na posługiwaniu się prętami szmerglowemi o przekroju dostosowanym do kształtu zębów, jeszcze inna zaś używała do tego celu specjalnych docieraków spiralnych o działaniu odpowiadającem wytwarzaniu kół zapomocą freza ślimakowego. Wyniki tej ostatniej metody zależały od dozorującego robotę i od dokładności urządzenia. Docieranie zapomocą ślimaków o średnicy wielokrotnie większej od średnicy koła jest stosowane do kół zegarków od 50 lat. Pierwotnie docieraki te były wykonywane z żeliwa, a później z glinu.

Niektóre fabryki produkujące takie koła, posługują się jeszcze tą metodą. Wskutek dużego współzawodnictwa panującego w tej dziedzinie i niewielkiej ceny produktu czas docierania tych kół jest dość ograniczony.

Docieranie ślimakowe było również stosowane w ostatnich czasach do docierania kół samochodowych lecz bez wielkiego powodzenia. Metoda ta jest zbyt zależną od tego, który jej dozoruje, a zbyt długie wykonywanie jej prowadzi do poważnego uszkodzenia kół. Nastawianie narzędzia sprawia duże trudności, ponieważ badanie współpracy kół nie jest możliwe przed ukończeniem docierania. Nastawianie winno być stale poprawiane, co jest źródłem poważnych niedokładności profilu zębów. Zastrzeżenia te są spotęgowane wskutek dużych szybkości docierania i tego, że usuwanie materjału następuje wzdłuż zębów. Stykanie się zęba przy wierzchołku trwa dłużej niż przy średnicy podziałowej, skutkiem czego materjał nie jest usuwany regularnie. Wskutek znacznej średnicy docieraka szlifowanie jego w celu usunięcia niedokładności zębów jest utrudnione.

Innym sposobem, zmierzającym do zapobieżenia nierównomiernemu zdejmowaniu materjału w poszczególnych punktach profilu zęba jest zastosowanie docieraków o zazębieniu wewnętrznem, stanowiącem odbicie zębów koła dociranego/ patrz artykuł w 2-im numerze " Technicznych Nowości Lotniczych"/. Metoda ta w niewielkim stopniu usuwa mimośrodowość zębów koła, gdyż docierak przyjmuje średni kształt docieranej serji, a więc i jej błędy. Dalszą wadą tej metody jest podłużny kierunek docierania, powodujący wskutek nierównego zdejmowania materjału hałaśliwą pracę gotowej przekładni. Dużą trudność sprawia tu również otrzymanie dokładnych docieraków. Są one odlewane naokoło koła wzorcowego, wskutek czego niektóre ich zęby posiadają naruszoną powierzchnię.

Docieraki ślimakowe podzielone na **dwie** części w płaszczyźnie prostopadłej do osi pozwalają na wyeliminowanie luzu międzyzębnego podczas docierania wskutek odpowiedniego przesunięcia dwóch połówek względem siebie. W ten sposób połowa ślimaka pracuje po jednej stronie zębów, połowa zaś po drugiej. Profil zębów zostaje szybko poprawiony, jednak dzieje się to kosztem zmniejszenia dokładności kąta zębów z osią koła.

Posługiwano się rownież docierakami o zazębieniu wewnętrznem, których działanie okazało się dokładne. Trudności sprawiało przy tej metodzie otrzymanie kół o zazębieniu wewnętrznem dostatecznie dokładnych i odpowiednio dużych.

Innym sposobem korygowania profilu zębów jest docieranie ich zapomocą docieraka o kształcie zębatki. Przyczynia się to do usuwania wszystkich błędów koła oprócz błędów podziałki. Pochodzi to wskutek tego, że pewne zęby koła i zębatki stale współpracują z sobą i powodują zwiększone zużywanie się docieraka wskutek tych błędów. Koszt wykonania i późniejszego poprawiania zębatki jest dość znaczny.

Przemysł samochodowy wymaga cichych przekładni i żąda znacznie dokładniejszego wykończania kół, niż dawniej. Koniecznem się staje usunięcie błędów profilu, podziałki, mimośrodowości, pochylenia zębów względem osi i osiągnięcia starannego wykończenia.

Wzrost wymagań przyczynił się do powstania dwóch nowych sposobów docierania kół podczas ostatnich trzech lat. Oba są oparte na zastosowaniu oddzielnego docieraka i na skrzyżowaniu jego osi z osią koła. Przy pierwszym sposobie zęby docieraka otrzymują większą grubość od normalnej, a posuw zmniejsza odległość między środ-

kami koła i docieraka. Zęby docieraka stykają się obustronnie z zębami koła, zaś zbieranie materjału następuje za pośrednictwem kompozycji wprowadzanej między zęby kół.

Metoda powyższa jest szybka i doskonale usuwa nadmierną mimośrodowość i błędy podziałki. Jest ona powszechnie używana w szeregu nowoczesnych zakładów, wytwarzających koła dla samochodów. Wszelka zmiana w odległości między środkami koła i docieraka jest kompensowana przez zmianę kąta ustawienia ich osi. Kąt między osiami jest kontrolowany przez specjalny uchwyt z podziałką kątową.

Pierwszą metodą, przy której osie koła i narzędzia były skrzyżowane, było docieranie przy pomocy ślimaka, przy którem kąt między osiami wynosił około 83°. Nowa metoda docierania wprowadzona w 1930 zmniejszyła ten kąt do 30° a nawet w pewnych wypadkach do 10°. W każdym wypadku kąt ten równa się różnicy między pochyleniem zębów koła i docieraka.

Wyniki osiągnięte przy stosowaniu nowych metod były tak pomyślne, że 75 % nabywanych obecnie narzędzi do docierania jest wykonane według nowych zasad. Dla zobrazowania zalet nowych metod posłuży przykład docierania kół, wykonanych z następującemi błędami: kształt ewolwenty 0,1, mimośrodowość 0,13, łączny błąd rozstawienia zębów 0,2, kąt pochylenia zębów 0,13 mm na promieniu 76 mm. Po dotarciu błędy te zmniejszyły się odpowiednio do 0,013, 0,025, 0,025 i 0,025. Aczkolwiek dokładność tę osiągnięto kosztem usunięcia z zębów dość dużej ilości materjału i znacznego powiększenia luzu międzyzębnego, osiągnięta dokładność jest wyrazem wielkich zalet nowych metod.

Druga z nowych metod polega na docieraniu kół, bez zmiany odległości pomiędzy środkami kół i docieraków. Na wałku koła działa hamulec, przeciwstawiający się sile wywieranej na koło przez docierak. Po wykonaniu przez koło pewnej ilości obrotów następuję zmiana kierunku obrotu i hamowania i dalszy ciąg pracy aż do ukończenia cyklu. W ten sposób obie strony zębów zostają w tym samym stopniu dotarte. Podobnie jak w metodzie poprzednio opisanej osie koła i docieraka są skrzyżowane. W obu metodach ilość i kierunek obrotów są kontrolowane przez elektryczny mechanizm.

Kompozycja, używana przy docieraniu była również w ostatnich latach przedmiotem wyczerpujących badań. Dzięki udoskonaleniom w tej dziedzinie jeden docierak wystarcza obecnie na dotarcie 500 a nawet w specjalnych wypadkach 1000 kół zamiast dawniejszych 100 sztuk. Docierak używany do kół skrzynki biegów zużył się o 2mm na grubości zębów podczas gdy kształt profilu zębów zmienił się tylko o 0,025 mm.

Dobór właściwej jakości i wielkości ziarna kompozycji docierającej jest rzeczą ogromnej wagi. Przy pewnej wielkości ziarna charakter jego może się bardzo zmieniać. Ziarno, przepisane dla papieru szmerglowego jest zupełnie nieodpowiednie dla docierania kół zębatych, zawiera bowiem znaczną ilość ziarn o kształcie igieł i drzazg. Ziarna występujące w kompozycji docierającej powinny mieć nieregularny, zaokrąglony kształt. Próby wykazały, że wynik docierania i trwanie docieraka mogą być znacznie podniesione przez dobór odpowiedniego środka smarującego i rozrobionego w niem ziarna.

W swoich pracach autor posługiwał się dwoma środkami smarującemi, z których jeden dawał się mieszać z olejem i był po pracy zmywany w nafcie, drugi zaś, dający się mieszać z wodą, był przeznaczony do zmywania w oleju lub wodzie z sodą. W obu wypadkach

zostaje domieszana ta sama ilość ziarna o tej samej wielkości i jakości. Okazało się, że kompozycja oparta na wodzie działa znacznie skuteczniej, aniżeli mieszanina z olejem. Niewielu warsztatowców zdaje sobie sprawę z korzyści, dających się osięgnąć przez dobór właściwej kompozycji docierającej.

Normalny czas docierania koła o szerokości 25 mm i średnicy 100 mm wynosi około 2 minut pod warunkiem, że nacinanie zębów i obróbka cieplna były właściwie przeprowadzone. W pewnych zakładach takie same koła były docierane przez pięć minut podczas gdy w innych poprawianie kół nawęglonych, niedokładnie obrobionych, trwało do dziesięciu godzin. Tego rzędu niedokładności powinny być wyłączone przez właściwą kontrolę nacinania zębów i obróbki cieplnej kół.

Autor przytacza przykład koła o średnicy 127 mm wykonanego z następującemi błędami: mimośrodowość 0,25, błąd równoległości zębów względem osi 0,25 na długości 76 mm i różnica kolejnych odstępów międzyzębnych do 0,1 mm. Takie wykonanie wymaga raczej sprawdzenia sposobu obróbki aniżeli docierania.

Przykładem udanego docierania wziętym z praktyki autora jest wykonanie partji 30.000 kół. Z dotartych kół odrzucono ze względu na nadmierne hałasowanie tylko 1 %, zaś średni czas docierania jednego koła wyniósł jedną minutę. Docierak pracował bez przerwy na 900 kołach a ponieważ był poprawiany dwa razy, wystarczył w sumie na dotarcie 2.700 kół. Koła docierane były przedtem poddane bardzo starannej obróbce mechanicznej i cieplnej.

Występujące w większych kołach odkształcenia, wywołane nawęglaniem w wysokiej temperaturze, powinny być przed dotarciem usunięte przez lekkie przeszlifowanie. Ostatnio była przeprowadzona próba na kołach o średnicy 300 mm, których docieranie, trwające zrazu 67 minut, zostało skrócone do 6 minut dzięki wprowadzeniu dodatkowego szlifowania, zajmującego 15 minut czasu.

Docieranie kół,hartowanych w oleju zajmuje od jednej minuty czasu dla kół o średnicy 100 mm i szerokości 25 mm. Dla wymiarów większych czas ten proporcjonalnie wzrasta.

Posługiwanie się dokładnemi docierakami daje wskazówkę co do dokładności obróbki mechanicznej koła dzięki łatwości wykrycia wyniosłości na powierzchniach zębów. Sposób nacięcia zębów może być z łatwością kontrolowany na podstawie wyglądu kół po dotarciu, pozwalającego na stwierdzenie błędów wykonania profilu lub pochylenia zębów.

---oooOooo---

KONTROLA JAKOSCI SPAWANIA.

An Aircraft Manufacturerś Experience with Welding Quality Control

P.N. Jansen i T. H. Speller.

Journal of the American Welding Society, October 1933.

Wstęp.

Wielka liczba typów połączeń spawanych, napotykanych w konstrukcjach lotniczych, utrudnia wprowadzenie zadawalającego sposobu kontroli jakości tych robót. Ten rodzaj spawania ma bardzo mało cech wspólnych ze spawaniem konstrukcyj budowlanych lub zbiorników ze względu na małe grubości łączonych części oraz nieciągłość spoin w niektórych połączeniach. Z tych względów do spawania lotniczego dadzą się zastosować tylko bardzo ogólne zasady z doskonałych praktycznych przepisów,

ułożonych dla robót innych rodzajów. To wszystko sprawia, że kontrola jakości spawania w lotnictwie nie może nadążyć za coraz większemi wymaganiami, stawianemi konstrukcjom płatowców. W zrozumieniu tego wszystkiego Curtiss Aeroplane and Motor Company rozpoczęła przed pewnym czasem bardziej szczegółowe badania w tym kierunku, których wynikiem było przyjęcie szczegółowego sposobu kontroli, zastosowanego w pierwszym rzędzie do spawania płatowców.

Do czasu wprowadzenia nowych metod wykrywania i poprawianie wad zależało od nadzoru, sprawianego przez kierowników grup, z których jeden wypadał na każdych 10 do 12 spawaczy, i od 100-% -owej kontroli wszystkich ukończonych robót, przeprowadzonej przez Wydział Kontroli. Kierownicy są wybierani z pośród spawaczy o dużem doświadczeniu i zręczności, a obowiązki ich polegają na wskazaniu robotnikom najlepszego sposobu wykonania roboty i na dopilnowaniu, czy wykonanie postępuje zgodnie z planem. Wydział Kontroli przegląda wszystkie spoiny po opiaskowaniu celem wykrycia takich wad, jak pęknięcia, nierówne i niezgodne z wymiarami wykonanie spoin i i. Roboty wadliwe są kierowane do oddziału naprawy, gdzie specjalny komitet, złożony z przedstawicieli kontroli i inżynierów, decyduje o przeznaczeniu części źle wykonanych i poleca potrzebne poprawki. Roboty dla rządu podlegają kontroli przedstawicieli Wojska i Marynarki.

Badania nie stwierdziły żadnych usterek w funkcjonowaniu opisanego systemu, przyczem ilość wypadków, wywołanych złem spawaniem, była bardzo nieznaczna. Z tego względu postanowiono pozostawić istniejący system, wprowadzając doń jaknajmniejszą ilość zmian. Zmiany miały polegać na wprowadzeniu sekcyj, dopomagających oddziałowi spawania w planowaniu nowych prac, zbieraniu bardziej szczegółowych informacyj o zdolnościach poszczególnych spawaczy i t.d. , słowem miały się przyczynić do dalszego zmniejszania a nawet całkowitego wyłączenia możliwości wypadków. Praca niniejsza jest poświęcona omówieniu nowych metod, przyczem zajmuje się jedynie spawaniem stali chromomolibdenowej przy pomocy palnika.

Rodzaje połączeń spawanych w konstrukcji płatowców.

Wiele trudów poświęcono poklasyfikowaniu poszczególnych typów połączeń, stosowanych w konstrukcji płatowców, i zbadaniu, jak często pewne połączenie występuje; miało to na celu lepsze oświetlenie badanego zagadnienia. Klasyfikacja ta stanowiła sama dla siebie poważne zagadnienie, które musiało być wykonane bez możności korzystania z innych prac tego rodzaju.

Potrzeba posiadania metody klasyfikacji występowała coraz wyraźniej, w miarę posuwania się pracy. Wstępne próby dowiodły, że wahania w jakości robót były spowodowane przedewszystkiem wielką ilością istniejących typów połączeń. Dziewięciu przeciętnych spawaczy otrzymało polecenie wykonania próbek tego samego połączenia, oraz zostało uprzedzonych, że robota ich będzie kontrolowana, co stanowiło dla nich zachętę do dobrego wywiązania się z zadania. Ocena robót wykazała, że przeciętna jakość wykonania stanowiła 56,3 %. Po omówieniu z każdym spawaczem zalet i wad wykonanych przez nich robót wykonano i oceniono nową serję takich samych próbek, otrzymując 72,3 % jako przeciętną ocenę próbki. Tych samych 9 spawaczy otrzymało następnie komplet próbek całkowicie odmiennego typu, cokolwiek trudniejszego, jednak również często spotykanego. Przeciętna jakość wyniosła 51 %, po powtórzeniu zaś 67,8 % . Ta sama próba była powtarzana różnemi sposobami i z innymi ludźmi , dając zawsze ogólnie te same wyniki. Inaczej mówiąc zaprawienie spawaczy do jednego typu połączenia bardzo nieznacznie przyczynia-

ło się do poprawy wyników przy robocie innego rodzaju. Oznaczało to potrzebę szybkiego sklasyfikowania każdej nowej roboty i przydzielenia jej spawaczom, wyćwiczonym w odpowiednim kierunku. W dalszym ciągu trzeba było wiedzieć, jaki typ połączenia najczęściej występuje, aby móc przygotować próbę kwalifikacyjną, mającą stanowić podstawę dla oceny zdolności nowego spawacza. System klasyfikowania przedstawia również znaczne korzyści dla Biura Konstrukcyjnego, umożliwia bowiem lepsze opracowanie szczegółów konstrukcji z punktu widzenia wymogów spawania.

Tablica I.

Klasa.	Czas spawania godz.	Całkowity czas %	Przeciętna ocena w/g produkcji %	Przeciętna ocena w/g prób %
Zwykłe spoiny				
Spoiny pachwinowe / 90° do 150°/				
Małe /0,8-1,6/ x/	76,8	14,3	61,6	74,6
Srednie/1,6-2,4/	67,6	12,5	68,5	
Duże/ 2,4-6,4/	68,5	12,7	66,3	89,8
Spoiny boczne				
Małe / 0,8-1,6/	31,6	5,9	60,6	78,2
Srednie/1,6-2,4/	37,0	6,9	63,0	
Duże /2,4-6,4/	20,4	3,8	57,2	65,3
Spoiny krawędziowe				
Małe/ 0,8-1,3/	8,3	1,5	56,4	52,0
Srednie /1,3-2,4/	12,4	2,3	51,0	45,6
Spoiny złożone				
Spoiny pachwinowe pod ostrym kątem				
Małe / 0,8-1,6/	56,2	10,5	49,2	68,1
Duże / 1,6-6,4 /	43,5	8,1	56,1	73,4
Spoiny z nierównomiernem grzaniem materjału				
Spoiny pachwinowe				
Małe / 0,8-3,2 /	2,1	0,4	54,8	
Duże / 3,2-6,4 /	56,9	10,5	63,3	62,2
Spoiny boczne				
Małe /0,8-3,2 /	3,1	0,6	45,4	
Duże /3,2-6,4 /	14,3	2,7	53,19	59,3
Małe spoiny/0,8-1,6/ z blisko położoną krawędzią				
Pachwinowe	21,3	3,9	42,19	47,9
Boczne	8,3	1,5	54,89	
Specjalne złożone spoiny				
Spoiny duże pod ostrym kątem z nierównomiernem grzaniem	6,2	1,1	47,5	54,6
Spoiny małe pod ostrym kątem z nierównomiernem grzaniem	1,0	0,2	39,4	
Spoiny pachwinowe małe pod ostrym kątem z blisko położoną krawędzią	2,4	0,4	37,1	
Razem	537,9	100,0	54,0	64,2

x/ Te liczby oznaczają grubość spawanych części w mm. Dla grubości nierównych brano średnią arytmetyczną.

Klasyfikacja użyta w tablicy I, została opracowana z uwzględnieniem wytycznych, wyżej wymienionych. Jako podstawę przyjęto podział wszystkich rodzajów robót na nie więcej, aniżeli 20 do 30 grup, w ten sposób, aby technika spawania była podobna dla wszystkich robót należących do jednej grupy. Różnice techniki spawania polegają na wahaniach takich czynników, jak szybkość spawania, wielkość płomienia, ustosunkowanie wymiarów spoiny, metoda uzyskania całkowitego stopienia bez przegrzania metalu podstawowego i t.d. Dla pokazania, w jaki sposób są podzielone prace, wykonywane przy normalnym płatowcu, sklasyfikowano w tablicy I prace przy spawaniu płatowca Curtiss P-6E Hawk.

Projektowanie nowych robót.

Możność osiągnięcia znacznej poprawy drogą opracowania kryterjów jakości, opartych na oględzinach przekroju wzorcowej roboty, wskazywała na sposób postępowania specjalnej sekcji, mającej dopomagać majstrom w zaprawianiu spawaczy do nowych robót. Dobre wyniki dało postępowanie, przewidujące oględziny rysunków warsztatowych przez pracownika obeznanego zarówno z wymaganiami rysunku jak i z zagadnieniami spawania. W ten sposób zostają wydzielone pewne roboty, przedstawiające pozory trudności lub szczególnie ważne pod względem konstrukcyjnym. Następnym krokiem jest dobór przez oddział spawania specjalnej obsady, której przypadnie zadanie przeprowadzenia tych prac. Zostają zaprojektowane próbki, których podobieństwo do spawanej części ma polegać tylko na metodzie spawania. Koszt ich wykonania jest bardzo niewielki. Próbki zostają spawane przez wybrany personel, poczem zostają przecięte i poddane oględzinom lub zbadane na wytrzymałość. Próby wytrzymałościowe są ogólnie przyjęte przy pracach, mających za zadanie wyćwiczenie spawaczy, a próbki mogą być przygotowane tak, by zbadanie ich na wytrzymałość nie przedstawiało trudności. Próby wytrzymałościowe pozwalają również na stwierdzenie spółczynnika bezpieczeństwa. Spawanie właściwej roboty zostaje rozpoczęte dopiero po wykonaniu i sprawdzeniu odpowiedniej liczby próbek i przekonaniu się, że opracowano właściwą metodę spawania i że personel ją dobrze opanował. Zazwyczaj potrzebne jest tylko jedno powtórzenie, ponieważ spawacz i majster mogą się przekonać, na czem polegają błędy na podstawie przekroju próbki lub wyniku próby wytrzymałościowej.

Wartość prób kwalifikacyjnych.

Zakłady Curtiss obarczyły majstrów odpowiedzialnością za przyjmowanie spawaczy o odpowiednich wiadomościach. Majster poleca spawaczowi, szukającemu pracy, wykonanie części według przyjętego wzoru. Ocena umiejętności spawacza przez majstra jest oparta w znacznej mierze na obserwacji sposobu wykonania pracy, w szczególności sposobu manipulowania palnikiem, dobroci wykonania spoiny pachwinowej, ilości przepaleń cienkiej blachy i t.d. Metoda ta wymaga jeszcze wielu tygodni obserwacji celem przekonania się, do jakiej roboty nowy robotnik najlepiej [illegible]. W ten sposób wyłoniła się potrzeba dopomożenia oddziałowi spawania przez dostarczenie bliższych informacyj, dotyczących umiejętności robotnika i mających pozwolić na przydzielenie mu najwłaściwszych prac w możliwie krótkim czasie po jego przyjęciu. Ze względu na to, że próba taka byłaby połączona z dużemi trudami / około 3 godz. na przygotowanie próbek, 5 godzin na spawanie i 2 godz. na poddanie próbek badaniom/ zdecydowano się oprzeć zdanie o kierunku zdolności robotnika na obserwacjach, dokonanych przez majstra podczas wstępnej próby. Obecnie do badania zdolności robotnika służy nowy zespół próbek, zaprojektowanych przy uwzględnieniu podziału, przedstawionego na tablicy I. Obejmuje on 12 klas robót, występujących często w konstrukcji płatowców. Należy przypuszczać, że spawacz, wiedząc, że przedmiotem próby są jego zdolności zawodowe, przyłoży starań do jaknajlepszego wywiązania się z zadania. Ponieważ badanie spoin

pachwinowych na wytrzymałość jest utrudnione, niektóre z próbek zostają przecięte i poddane oględzinom. Spoiny krawędziowe i boczne mogą być zarówno badane na wytrzymałość jak i trawione i są oceniane w procentach wytrzymałości blachy niespawanej. Kolumna w tablicy I podaje przeciętne wyniki prób, przeprowadzonych przez 40 spawaczy. We wszystkich wypadkach za wyjątkiem trzech, zdanie majstra o spawaczach pokrywało się prawie zupełnie z wynikami prób.

Kontrola spawania na produkcji.

Jak zaznaczono powyżej, jednym z obowiązków kierownika grupy jest zwracanie uwagi na objawy niedbałości ze strony pracowników i posługiwania się niewłaściwą techniką. Cennym sposobem, pomagagającym mu w pełnieniu tego zadania jest wprowadzenie próby zniszczenia pewnej części robót. Część ta musi być niewielka ze względu na konieczną oszczędność. Przy tym systemie spawacz zdaje sobie sprawę z możliwości okresowego sprawdzania jego prac.

W tej fazie pracy została wprowadzona procedura, polegająca na wybraniu jakichkolwiek 5 do 10 części na tydzień na każdą grupę 30 robotników. Dla utrzymania kosztów sprawdzania na niskim poziomie pozostawia się swobodę w takiem dobieraniu części, aby wykonanie ich było połączone z jaknajmniejszą ilością robót poza spawaniem i aby brak tych części nie spowodował opóźnienia w planie robót. Przy wyborze części zwraca się uwagę na spawaczy, co do pracy których istnieją niepewne lub niekompletne dane. W okresach wzmożonej produkcji jest rzeczą możliwą branie takich części z oddziału napraw, gdzie znajduje się wiele części posiadających błędy wymiarowe, niewłaściwie wywiercone otwory i t.d. Wybór próbek zostaje dokonany przez nie- spawacza, jak naprzykład inżyniera z oddziału spawania lub pracownika Wydziału Kontroli. Do rozpoznania spoin służą znaki, stawiane na spoinie przez spawaczy,

Najbardziej przekonywującym sposobem badania wydawałoby się poddawanie części obciążeniu tego samego typu, jakie występuje podczas pracy. Takie postępowanie wymagałoby kosztownych uchwytów do przeprowadzania prób i byłoby w większości wypadków niepraktyczne. Zwykła metoda polega na przecięciu części w takich miejscach, aby zbadać spoiny należące do różnych kategoryj. W dalszym ciągu spoiny są trawione i oceniane, a wynik oceny zostaje zanotowany jako informacja, dotycząca jakości pracy spawacza w danej klasie robót. Próbki z wynikami zostają przechowane i stanowią podstawę do przydzielania nowych prac właściwym pracownikom. Kolumna w tablicy I podaje średnie oceny, przydzielone pracom z poszczególnych grup. Średnie wartości zostały wzięte z ogólnej ilości 364 próbek. Po ocenie wady i zalety wykonania zostają przedyskutowane ze spawaczem.

Na podstawie tablicy I można się przekonać, że średnia ocena próbek jest o 10,2 % wyższa, aniżeli ocena robót produkcyjnych. Należy to przypisać staraniom spawacza, wiedzącego o mającej nastąpić próbie.

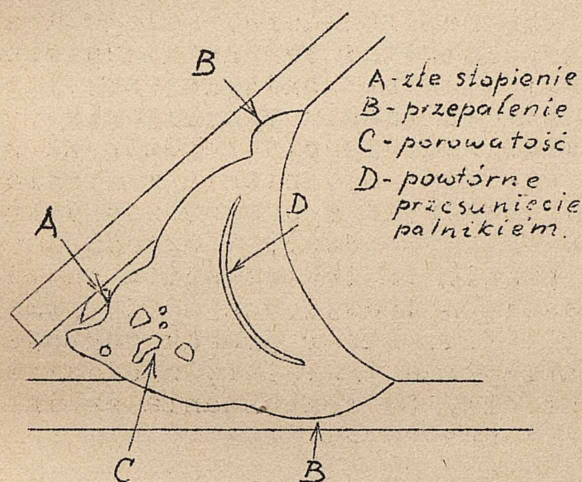
Sposób oceny na podstawie wyglądu przekroju spoiny.

Ze względu na trudność sprawdzania złożonych połączeń stwierdzono potrzebę wprowadzenia metody oceny spoin na podstawie wyglądu trawionych przekrojów. Metoda ta powinna dać się przystosować do wszystkich klas robót tak aby móc uniknąć nieporozumień przy rozpatrywaniu jakości spoin. Ten sposób oceny posiada zalety i wady w stosunku do prób wytrzymałościowych. Pozwala on na szczegółowsze rozpatrzenie usterek i na uzyskanie w ten sposób danych umożliwiających uniknięcie ich w przyszłości. Z drugiej strony wyni-

ki oględzin nie są tak przekonywujące, jak próby wytrzymałościowe, dla osób nieoswojonych z tym sposobem oceny. Przy ustalaniu opisywanej metody miano na widoku odzwierciadlenie wytrzymałości połączenia. Dokładne uskutecznienie tego sprawiało wielkie trudności i nie wydawało się pod każdym względem korzystne, ponieważ uznano za konieczne uwzględnienie również takich cech, jak nierówne wykończenie, nie mające bezpośredniego wpływu na statyczną wytrzymałość. Podobnie jak to ma miejsce z klasyfikacją robót, obecna metoda oceny bynajmniej nie osiągnęła całkowitego rozwoju. Z czasem może się okazać konieczne wprowadzenie zmian do wniosków, wyciągniętych z pewnych wad, jeśli zostaną zdobyte dodatkowe informacje, dotyczące ich znaczenia.

Stwierdzono, że różne osoby oceniające tę samą spoinę, zgadzają się w większości wypadków z dokładnością do 10 %, zaś nigdy z mniejszą, niż 25 % .

Sposób oceny spoin pachwinowych i bocznych.

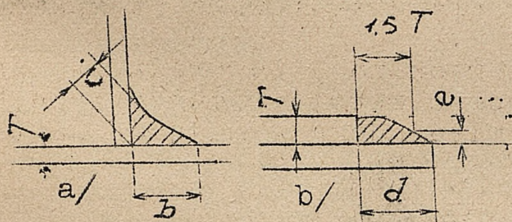


Rys. 1

/a/ Stopienie. Wszystkie połączenia tej samej klasy są z początku badane pod względem przylegania metalu nałożonego do podstawowego. Rys. 1 przedstawia przekrój przez spoinę pachwinową, której górna część przylega w 50 %, dolna zaś 80 %. Uszkodzenie spoiny nastąpiłoby przez przerwanie połączenia w 50 %-owej części górnej granicy spoiny, ta część zatem w połączeniu z odpowiedniemi częściami pozostałych przekrojów tej samej spoiny, jest wzięta jako podstawa do obliczenia średniej oceny jakości spoiny pod względem stopienia materjału, będącej zarazem ostateczną oceną spoiny, jeśli niżej wymienione wady nie zostaną stwierdzone.

/b/ Wygląd. Zewnętrzne wady, jak nierówne wykończenie, rozpryśnięty metal spoiny lub metal spoiny niedobrze stopiony z metalem podstawowym przy krawędziach, jakkolwiek niegroźne same przez się, są niepożądane. Mogą one spowodować zmniejszenie oceny obliczonej według /a/ aż do 10 %.

/c/ Wymiary przekroju spoiny. Wymiary te powinny być ustalone dla następujących przyczyn. Zbyt duża spoina może być przyczyną nadmiernego odkształcenia blach, przegrzania metalu podstawowego, zbytniego powiększenia ciężaru i utrudnienia pracy a wreszcie kolidowania z przylegającemi częściami. Zbyt małe spoiny są rzadko spotykane w małych i średnich połączeniach, w każdym razie spowodowałyby one spadek wytrzymałości. Tablica II i rys. 2 podają orjentacyjne wymiary spoin.



Rys. 2.

Dla spoin zbyt dużych ocena zostaje zmniejszona o 5 % . Dla spoin zmniejszonych procent zmniejszenia zostaje odjęty od oceny.

/d/ Porowatość. Ze względu na brak dokładniejszych informacyj porowatość lub inkluzje są przyczyną zmniejszania oceny najwięcej o 10 %.

Tablica II.

Spoiny pachwinowe / rys. 2a / .... spoiny boczne / rys. 2b./

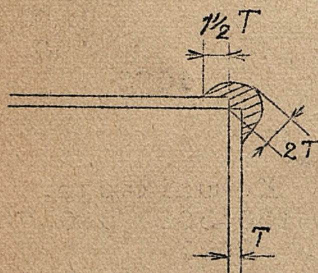
T	b max	$b_1$max	c min	d max	e min
0,8	3,3	4,1	1,5	5,6	0,8
1,0	3,8	4,8	1,8	6,4	1,0
1,3	4,8	6,1	2,3	7,6	1,3
1,6	5,3	6,6	2,5	8,4	1,5
2,0	6,4	7,9	3,0	8,9	2,0
2,4	7,1	8,9	3,3	9,4	2,3
3,2	8,6	10,7	4,1	11,9	3,3
4,6	10,2	12,7	5,3	15,7	4,8
6,4	14,5	18,0	6,9	19,1	6,4

Uwaga. Wymiary w mm. b_1 dotyczy spoin, wykonanych pod ostrym kątem.

/e/ Złe stopienie w obrębie spoiny. Spawacze przesuwają niekiedy palnik powtórnie i trzeci raz nad spoiną celem powiększenia jej. W razie uczynienia tego i osiągnięcia niedokładnego przylegania między dodanym metalem a spoiną pierwotną, należy odjąć 10 %.

/f/ Spalenie. Uszkodzenie metalu podstawowego , wywołane przegrzaniem i spaleniem ma jeśli chodzi o wytrzymałość równą wagę do braku stopienia się spoiny z metalem. W istocie połączenie winno być traktowane jako łańcuch, złożony z dwóch ogniw, z których jedno jest to spoina drugie zaś metal podstawowy. Słabsze z nich powinno być ocenione jako procent jego wytrzymałości w stosunku do wytrzymałości metalu podstawowego niespawanego. Na nieszczęście aż do chwili obecnej subjektywne zdanie osoby oceniającej połączenie odgrywa zbyt wielką rolę aby mogło stanowić dokładną podstawę dla oceny połączenia jedynie na podstawie spalenia. Zamiast tego stosuje się dziś następującą arbitralna metodę dla oceny wpływu tego defektu. Po nabyciu większego doświadczenia w oglądaniu spoin staje się możliwym podział wad na 4 lub 5 klas zależnie od ilości miejsc wzdłuż spoiny w których nastąpiło przepalenie blachy lub od ilości i rodzaju pęknięć. Dla niewielkiego pogorszenia odejmuje się 5 %, dla lekkiego 10 %, średniego 15 %, znacznego 20 do 30 %. Procenty te zostają odjęte od oceny na stopienie spoiny z materjałem. Dzieje się to dlatego , ponieważ obecna metoda oceny spalania nie jest dostatecznie określona aby mogła stanowić samodzielną podstawę dla oceny połączenia. Prawdopodobieństwo uzyskania oceny niższej od 0 % jest bardzo małe, ponieważ nadmierne spalenie zachodzi zazwyczaj, aczkolwiek nie zawsze, przy dobrem stopieniu spoiny z materjałem.

Sposób oceny spoin krawędziowych.



Rys. 3

W tej kategorji połączeń złe stopienie spoiny z materjałem, uszkodzenie metalu podstawowego, porowatość a nawet nierówne wykończenie zachodzą bardzo rzadko. Główne cechy są to umieszczenie i grubość nałożonego wzmocnienia. Najmniejsze wymiary spoin są pokazane na rys.3. Maksymum nie zostało ustalone, ponieważ wymiarom kładą kres warunki spawania. Ocena spoiny powstaje przez porównanie wymiarów spoiny z wymiarami przepisanemi.

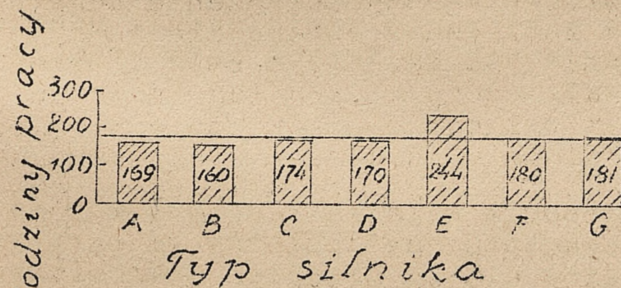
---oooOooo---

DOSWIADCZENIA NAD PRAC SILNIKOW LOTNICZYCH
Erfahrungen beim Betrieb von Luftfahrzeugmotoren.
Bruno Bruckmann
Z.F.M. 28 J li 1932.

Wstęp.

Doświadczenia, dotyczące pracy silników lotniczych, których zdobycie jest połączone nieraz z wielkiemi trudnościami, stanowią bardzo cenny materjał dla wytwórni. W przeciwieństwie do danych teoretycznych materjały doświadczalne występują w literaturze znacznie rzadziej i są zazwyczaj bardzo szczupłe, czemu należy przypisać duże straty, ponoszone wskutek konieczności prowadzenia żmudnych badań, któreby się dały uniknąć w razie lepszej znajomości praktyki. Ważnem byłoby znalezienie takiej formy ogłaszania wyników praktycznych, któraby nie ułatwiała współzawodnictwa między poszczególnemi zakładami.

Do wymiany spostrzeżeń nadają się bardzo dobrze statystyki, podające liczbę, okoliczności i przyczyny uszkodzeń, jak również skutki przedsięwziętych środków ostrożności; statystyki takie stanowiłyby w wielu wypadkach jedyne wskazówki dla dalszego rozwoju teoretycznego. W dzisiejszym stanie rzeczy ogłaszanie takich statystyk nie jest możliwe. Dane niniejszego artykułu są oparte na dość szerokich podstawach, zostały bowiem zestawione przy poparciu fabryk silników lotniczych. Są one dość ograniczone, ponieważ dotyczą przedewszystkiem tego, co ma związek z niezawodnością ruchu silników, oraz najbardziej typowych uszkodzeń, występujących w praktyce, a ponadto zostały zebrane jedynie na podstawie doświadczeń niemieckiego lotnictwa komunikacyjnego z pominięciem sportowego.



Rys.1.

Dla zobrazowania podstawy, na której oparto niniejszy artykuł, zestawiono tablice I i II, podające ilość silników, pracujących w niemieckiem lotnictwie i godziny przez nie przepracowane. Rys. 1 wskazuje średnie ilości godzin, przepracowane przez poszczególne typy silników pomiędzy remontami. Sredni czas sięga około 180 godzin. Jak widać z tablic podstawą danych ogłoszonych poniżej będzie około 1100 silników komunikacyjnych, które łącznie przepracowały w przybliżeniu 700 tysięcy godzin.

Tablica I.

Zastosowanie		Sport.		Komunikacja.	
Moc KM		do 100	100-150	150-500	500-700
Ilość zależnie od rodz. budowy	chłodzone wodą	-	-	630	280
	" powietrzem	450	560	-	180
Suma w poszczególnych kategor.		450	560	630	460
Suma w obu grupach		1010		1090	
Całkowita suma.		2100			

Tablica II.

Zastosowanie		Sport		Komunikacja.	
Moc KM		do 100	100-150	150-500	500-700
Ilość remontów	chłodzone wodą	39	94	2651	[illegible]
	"powietrzem	374	507	-	375
Remonty w poszczeg. kateg.		413	601	2651	1173
Ilość godz. pracy w poszcz. kat.		75000	108000	480000	210000
Ilość godz. pracy w obu grupach.		183000		690000	
Całkowita ilość godzin pracy.		873000			

Ogólne doświadczenia dotyczące zachowania się silników w ruchu.

1. Rozruch.

Przy silnikach sportowych przy których znajdują zastosowanie ze względu na cenę i ciężar tylko najprostsze urządzenia rozruchowe, występują w zimie znaczne trudności przy zapuszczaniu, spowodowane zgęszczeniem smaru, złem tworzeniem się mieszanki i zapalaniem. Istniały usiłowania opanowania tych trudności drogą rozgrzewania silnika przez specjalne grzejniki. Sposób ten nasgręcza trudności, zależne od silnika i jego obudowania. Ułatwienia rozruchu można było się spodziewać przez wprowadzenie zapalania zapomocą baterji, dającego silne iskry przy niskich obrotach. W wielu wypadkach zapalanie to nie da się zastosować ze względu na zwiększony ciężar. Dobry, lekki i tani rozruszhik do silników sportowych jest dziś jeszcze przedmiotem poszukiwań.

Przezwyciężenie trudności, związanych z rozruchem silników o większej mocy, jest łatwiejsze, ze względu na mniejszą rolę, jaką tu gra wzrost ciężaru i na możność zastosowania większej różnorodności rozwiązań.

Najbardziej rozpowszechnione urządzenia rozruchowe są to rozruszniki: bezwładnościowy i na sprężone powietrze, umożliwiające szybkie przekręcenie silnika a co zatem idzie lepsze wytworzenie mieszanki. Posługiwanie się sprężonem powietrzem daje dodatkowe korzyści pod postacią możności wyzyskania ciepła, wytworzonego w sprężarce lub w podgrzewaczu powietrza.

Mimo całkowitego prawie opanowania trudności rozruchu należy stwierdzić po paru latach nieomalże całkowitej bezczynności w tym kierunku potrzebę dalszego udoskonalenia urządzeń rozruchowych. W szczególności konieczne są starania w kierunku zmniejszenia uderzeń, następujących w czasie rozruchu i mogących do trzech razy przekroczyć normalny moment obrotowy silnika.

2. Gotowość do pracy.

Okres czasu potrzebny dla rozgrzania silnika i upływający od chwili udanego rozruchu do startu samolotu jest zależny od pory roku, silnika, umieszczenia silników na płatowcu i od urządzeń pomocniczych, posiadanych na lotnisku. Przy niekorzystnym układzie tych czynników należy się liczyć z 30- a nawet 40- minutowem trwaniem tego okresu. Ponieważ silnik pracuje z początku silnie dławiony, występują ze względu na zaoliwianie świec zaburzenia w zapalaniu, ustające po powiększeniu obciążenia wskutek spalenia się osadu na świecach.

Znaczna część wypadków, które się zdarzyły wkrótce po starcie, została wywołana złem działaniem silnika, spowodowanem w dużej mierze niedostatecznem rozgrzaniem. Szczególnie niekorzystnie przedstawia się ta sprawa dla wodnopłatowców wtedy, kiedy stan morza lub wiatr zmuszają do silniejszego obciążenia silnika jeszcze zanim on osiągnie przepisaną temperaturę. Skutki defektów silnika wkrótce po wystartowaniu są znacznie przykrzejsze, niż w innych chwilach lotu, wobec czego staje się rzeczą konieczną skrócenie okresu rozgrzewania silnika. Przyczyną niedostatecznej gotowości silnika do pracy jest przyjęty dzisiaj sposób smarowania tłoków i cylindrów, otrzymujących smar przez rozpryskiwanie, wobec czego potrzebna warstwa smaru może się utworzyć dopiero po osiągnięciu pewnej temperatury. Paliwo, wtryśnięte do cylindrów przed uruchomieniem oraz kondensat, wydzielający się z zassanej mieszanki przed rozgrzaniem silnika, utrudniają wytworzenie się warstwy smarującej i zmywają smar, gromadzący się na ściankach

cylindrów. Z tych względów materjał tłoków zostaje przedewszystkiem nagryziony po stronie zaworu wlotowego.

Celem zwiększenia gotowości do rozruchu i usunięcia zaburzeń okazuje się konieczne możliwe szybkie doprowadzenie silnika wraz ze środkami chłodzącemi i smarującemi do jednostajnie rozłożonych temperatur ruchowych. W tym celu może być przewidziane urządzenie, pozwalające na wyłączenie z obiegu chłodnicy dla cieczy chłodzącej i zbiornika smaru. Do tego samego celu prowadziłoby również urządzenie, wtryskujące smar do cylindrów i wyłączające się samoczynnie po osiągnięciu przez silnik pewnej temperatury. Aby uniknąć zmywania smaru przez paliwo wtryskiwane do silnika przed rozruchem należałoby dążyć do usunięcia tego zabiegu lub też do wtryskiwania paliwa, zmieszanego ze smarem.

3. Tworzenie się mieszanki.

Regulacja silników w hamowni jest dokonywana w ten sposób, aby silnik nie spalał mniej ani więcej, aniżeli pewną ilość paliwa, ustaloną dla danego modelu i przeliczoną na moc, osiągniętą podczas hamowania. Ponieważ do obliczenia zużycia paliwa służy rzeczywista moc, rozwinięta podczas próby, może się zdarzyć, że silnik badany i wyregulowany podczas niskiego ciśnienia powietrza będzie pracował podczas wysokich ciśnień na mieszance zbyt ubogiej i odwrotnie. Zbyt uboga regulacja, której towarzyszy podczas pełnej mocy powstawanie wysokich temperatur, powoduje znaczne zużywanie się zaworów i ich gniazd oraz świec, przyczem najsilniej odbija się to na cylindrach, upośledzonych pod względem rozdziału mieszanki.

Ponieważ poza ciśnieniem ulegają również zmianie warunki przepływu powietrza przy wlocie do gaźnika, zachodziła nieraz konieczność przeregulowywania silników po zamontowaniu ich na płatowiec, przeprowadzana z powodu braku odpowiednich urządzeń w sposób mało dokładny. Z tych powodów zdecydowano dawać silnikom w hamowni bogatą regulację i uwzględniać zmiany ciśnienia powietrza i warunki pracy silnika , zmieniając skład mieszanki zapomocą poprawki, nastawianej ręcznie. Celem ułatwienia tej czynności możnaby zastosować urządzenie wskazujące pilotowi dolną granicę, przepisaną przez bezpieczeństwo ruchu. Nadawałby się być może do tego celu przyrząd wbudowany do przewodu wydechowego i działający na zasadzie wskaźnika ilości tlenku węgla.

Uniknięcie błędów obsługi dałoby się osiągnąć przez takie połączenie dźwigiem składu mieszanki z przepustnicą, aby przy jej przymykaniu skład mieszanki się wzbogacał.

Dzisiejsze gaźniki w niedostatecznym stopniu spełniają swoje zadania. Bezpieczeństwo ruchu i oszczędność wymagają posiadania przez gaźnik następujących cech charakterystycznych: płaski przebieg krzywej regulacji, dobre przejście przy nagłej zmianie obciążenia, niewrażliwość na występujące zmiany położenia, ciśnienia i przepływu powietrza oraz wyżej omówiona zdolność przystosowywania się do zmian ciśnienia powietrza. Oba wymagania, wymienione na pierwszem miejscu mogą być spełnione tylko drogą większych komplikacyj. Przy gaźnikach z dyszami dodatkowemi osiągnięciu płaskiej krzywej regulacji stoją na przeszkodzie skoki, spowodowane przez włączenie tych dysz.

Wszystkie dotychczas używane gaźniki są wrażliwe na zmianę położenia. Podczas powolnego wykonywania figur akrobatycznych, przewidujących krótkotrwały lot na plecach, zawodzi dotychczasowe urządzenie pływakowe, połączenie komory pływakowej z powietrzem i sto-

rowanie dopływu paliwa. Paliwo może ujść z gaźnika przez otwory, znajdujące się w komorze pływakowej co, wobec jednoczesnego zubożenia mieszanki i możliwości wybuchów w przewodach wlotowych, zagraża pożarem samolotu.

Celem uniknięcia wahań ciśnienia w komorze pływakowej, oddziaływujących niekorzystnie na doprowadzanie mieszanki, jest rzeczą ważną właściwe odpowietrzenie komory pływakowej. Odpowiedniem miejscem do przyłączenia przewodu jest przewód ssący gaźnika, w którym występują jedynie nieznaczne wahania ciśnienia, odpowiadające zmianom przepływu wzdłuż wylotów z dysz. Wyloty odpowietrzające, skierowane na zewnątrz, są niekorzystne, ponieważ ciśnienie powietrza przy nich zmienia się zależnie od ilości obrotów śmigła i od warunków lotu.

Dążenie do równomiernego rozdziału mieszanki nakazuje zastosowanie urządzeń do jej podgrzewania. Podgrzewanie takie da się uskutecznić zapomocą gazów wydechowych, smaru lub cieczy chłodzącej, przyczem każdy z tych systemów posiada szereg wad.

Grzanie zapomocą spalin pozwala na osiągnięcie potrzebnego stopnia podgrzania, wymaga jednak przeprowadzenia gorących przewodów, podatnych na zużycie i zwiększających niebezpieczeństwo pożaru. Sposób ten nie pozwala na regulację, ponieważ organy regulujące, jak zasuwy, nie wytrzymują pracy w wysokiej temperaturze. Pozatem grzanie spalinami znajdowało dotychczas zastosowanie jedynie w silnikach chłodzonych powietrzem, ponieważ w silnikach chłodzonych wodą przewody wlotowe i wydechowe są tak odległe od siebie, że prowadzenie potrzebnych połączeń byłoby bardzo uciążliwe.

Podgrzewanie zapomocą smaru obiegowego posiada duże wady. Wymaga ono dużo czasu, zanim zacznie działać, utrudnia, zwłaszcza przy niskich temperaturach, obieg smaru i nakazuje zastosowanie dużych powierzchni wymiany ciepła ze względu na nieznaczną rozpiętość temperatur między smarem i mieszanką.

Zastosowaniu do omawianego celu wody stoją na przeszkodzie niedogodności, wymienione przy smarze, za wyjątkiem dużych oporów przepływu. Mimo to, jest to jedyna metoda podgrzewania stosowana przy silnikach chłodzonych wodą, w związku z czem rozdział mieszanki w silnikach wielocylindrowych, pozbawionych mieszadła lub sprężarki, przedstawia jeszcze dużo do życzenia.

Wyniki, osiągnięte w Stanach Zjednoczonych przy ogrzewaniu pomieszczeń dla pasażerów parą, upoważniają do szukania rozwiązania tego zagadnienia na drodze podgrzewania mieszanki zapomocą pary. Do celu tego służyłby mały kocioł, położony w bliskości rury wydechowej i pozwalający na osiągnięcie temperatur podgrzania, uzyskiwanych przy pomocy spalin, bez narażania się na trudności, o których była wyżej mowa.

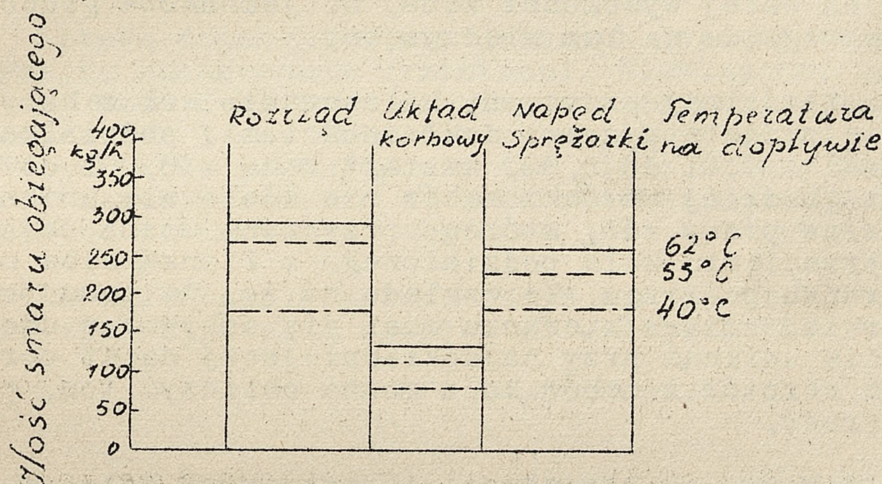
Doświadczenie nie daje odpowiedzi na pytanie: podgrzewanie powietrza czy mieszanki, ze względu na brak danych. To jedno można powiedzieć, że przy zastosowaniu podgrzewaczy mieszanki, działających za rozpylaczem, trzeba dbać o takie ogrzanie tego ostatniego, któreby pozwoliło uniknąć osadzania się na nim lodu.

Podczas zimy mogą się zdarzyć kłopoty wskutek zatykania przewodów wlotowych śniegiem. Można im zapobiec przez odpowiednie ukształtowanie wlotu do gaźnika.

4. Smarowanie.

Dawniej do smarowania silników, chłodzonych powietrzem i o dużej mocy używano smarów roślinnych o dużej lepkości, poźniej zaś smarów mineralnych silnie natłuszczonych. Wadą tych smarów było tworzenie się znacznej ilości osadów w przewodzie wlotowym, na zaworze wlotowym oraz na tłoku i pierścieniach. Nierzadko się zdarzało, że przekroje dla mieszanki zmniejszały się po 60-70 godzinach pracy silnika do 1/4 pierwotnej wielkości. Pierścienie zapiekały się w tłokach, co doprowadzało niekiedy do wypalenia górnej części tłoka.

Nowsze badania wykazały, że lepkość smaru, wymagana w wysokich temperaturach, nie potrzebuje być tak duża, co pozwoliło na zmniejszenie natłuszczania smarów mineralnych. Smary takie dały tak dobre wyniki, że stosowanie olejów roślinnych w lotnictwie stało się niemal zbędne.



Rys. 2.

Przestawienie silników na smary mineralne pociągnęło za sobą oczywiście zmianę luzów łożysk, tłoków i pierścieni oraz ilości smaru krążącego w dużych silnikach, chłodzonych powietrzem. Rys. 2 podaje ilości smaru, krążące w poszczególnych częściach pewnego silnika. Stwierdzono, że ilość smaru, obiegająca w układzie korbowym i cylindrach nie powinna przekraczać pewnej wielkości, w przeciwnym razie zużycie smaru nadmiernie wzrośnie. Z drugiej strony znaczny obieg zwiększa ilość ciepła pobieranego przez smar i uniemożliwia właściwe działanie chłodnicy, obliczonej na ograniczoną ilość smaru. Na podstawie powyższych wytycznych ustalono dla każdego typu silnika najwłaściwsze ilości obiegającego smaru.

Specjalnej uwagi wymaga kwestja zużycia smaru, przekraczającego w większości wypadków zużycie konieczne ze względu na dobre smarowanie tłoków i cylindrów. Większa ilość smaru przedostaje się bezpożytecznie do przestrzeni dawkowej i jest przyczyną nagromadzania się tam osadów, zaoliwiania świec i zaburzeń w przebiegu spalania. Drogą ograniczenia obiegu smaru, zastosowania i udoskonalenia pierścieni zgarniających i lepszego wyzyskania smaru udało się bardzo znacznie zmniejszyć zużycie smaru z korzyścią dla dobrego zapalania; w jednym wypadku spadek zużycia wyniósł 60 do 70 %. Należy zwrócić uwagę, że zużycie smaru zmienia się z czasem, spadając bardzo nieraz znacznie / do 50 %/ w pierwszym okresie pracy silnika. W dalszym ciągu zużycie się ustala na okres 50 do 70 godzin, poczem zaczyna zwolna wzrastać. Przyczyną zmian jest zrazu dotarcie, następnie zaś zużycie pierścieni i tłoków.

Chcąc ustawić silnik na oszczędne zużycie smaru należy dotrzeć do siebie tłoki, pierścienie i cylindry, w przeciwnym razie można by się obawiać zmniejszenia się zużycia smaru przez silnik poniżej wielkości dopuszczalnej. Jakkolwiek udało się w ten sposób zmniejszyć zużycie smaru przez silnik do 1-2 gr/KMgodz bez szkody dla jego

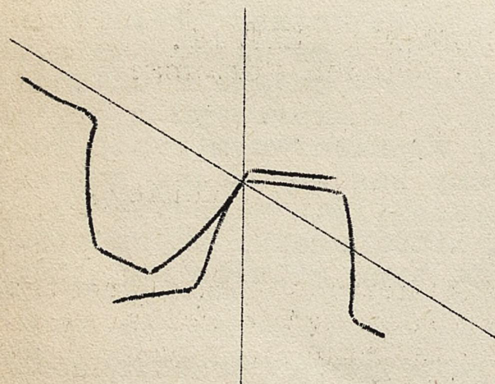
pracy poleca się nie zbliżanie do tej granicy ze względu na różnorodność warunków pracy, materjałów i obciążeń.

/ dokończenie w następnym numerze./

HAŁASOWANIE KÓŁ ZEBATYCH./ skrót./
Das Zahnrad als Lärmquelle
A. Graf Soden
V.D,I. 4.März 1933

Dla otrzymania zazębienia prawidłowego pod względem kinematycznym należy przestrzegać następujących warunków: 1. stałość podziałki na całym obwodzie koła, 2. ta sama wielkość podziałki,mierzonej na kołach podziałowych kół współpracujących, t.zn. ten sam kąt zazębienia, 3. współosiowość zazębienia z osią obrotu, 4. dokładność kształtu ewolwenty na całej wysokości zęba, 5. jednakowa grubość wszystkich zębów ze względu na luz międzyzębny.

Celem zbadania właściwej przyczyny hałasowania kół zębatych wykonano przekładnię z następującemi dokładnościami: podziałka -0,002, współosiowość - 0,01 do 0,02, kształt zęba - 0,001 do0,002. Mimo tej precyzji i gładkiej obróbki zębów nie udało się uniknąć wyraźnego tonu podczas pracy kół, którego przyczynę można objaśnić jak następuje. Na przecięciu koła podziałowego z flanką zęba ma miejsce zmiana kierunku poślizgu. Ze względu na to, że temu poślizgowi towarzyszy tarcie, zmiana kierunku musi się odbywać z uderzeniem, nie dającem się uniknąć przy najdokładniejszej nawet obróbce zębów. Znając ilość obrotów i zębów koła można obliczyć ton, powstający podczas jego pracy.


Rys. 1.

Dla usunięcia przyczyny hałasowania wykonano przekładnię, w której jedno koło posiadało zęby pozbawione wierzchołka,podczas gdy zęby drugiego koła nie posiadały podstawy / rys. 1/. W przekładni takiej zmiana kierunku tarcia nie następuje, jednak długość przyporu z trudnością da się podnieść powyżej jedności. Mała długość przyporu jest niekorzystna, ponieważ zwiększa zużycie zębów i potęguje wpływ niedokładności wykonania. Wykonana przekładnia posiadała błędy kształtu profilu zębów, nieprzekraczające 0,002 i nie wydawała podczas pracy żadnego hałasu poza lekkiem brzęczeniem, potwierdzając w ten sposób wyżej podaną teorję. Przekładnia ta nie nadawała się do użytku, ponieważ zużywała się bardzo szybko. Próba wykazała, że dla usunięcia hałasu błędy w profilu zębów nie powinny przekraczać 0,003 mm i że uniknięcie hałasowania w normalnych kołach zębatych jest wogóle niemożliwe.

Dalsza próba uniknięcia hałasowania zebów była przeprowadzona na kołach o zębach wydłużonych, pracujących przy długości przyporu równej 2. Linja przyporu była tak umieszczona, że kierunek tarcia każdej z dwóch par zębów, współpracujących w pewnym momencie, był przeciwnie skierowany. Próba ta dała dobre wyniki jedynie pod względem zmniejszenia zużycia zębów.

Trzecia próba polegała na skróceniu niektórych zębów obu kół przekładni. Nie usunęło to hałasu, wprowadziło jedynie w miejsce czystego tonu muzycznego, występującego zawsze przy współpracy kół, dokładnie obrobionych, nieczysty dźwięk o zmiennej wysokości połączony ze szmerem, nieprzyjemny zwłaszcza przy biegu luzem.

Uzyskanie przekładni zębatej pracującej bez szmeru o osiach równoległych jest dziś możliwe jedynie przy zastosowaniu kół o zębach śrubowych szlifowanych. Przyczyna tego leży w długości przyporu, spowodowanej z jednej strony kształtem samych zębów, z drugiej zaś kątem ich pochylenia i szerokością koła. Nie chcąc dopuścić do zbyt wielkiego nacisku osiowego należy wykonać koła o mniejszym kącie zębów i większej szerokości. Przy kołach o zębach śrubowych występuje dodatkowe wymaganie zachowania przepisanego kąta zębów z osią koła. W tym wypadku chodzi również o zachowanie tysiącznych części milimetra.

Ze wszystkich badań, którym są poddawane koła zębate, ostatniem i najważniejszem jest badanie słuchowe, wykazujące różnice we współpracy nawet wówczas gdy inne przyrządy będą wykazywały to samo. Do tego celu doskonale się nadaje przyrząd f-my Siemens i Halske składający się z mikrofonu, wzmacniacza i miliamperometru.

Sprawą domagającą się dalszych jeszcze badań jest wyjaśnienie przyczyny hałasowania przekładni. Niewiadomo, czy drgają przytem zęby, czy same koła oraz czy drgania te znajdują się pod wpływem drgań własnych kół i czy fale dźwiękowe są wysyłane z wnętrza korpusów, w których koła pracują, czy też przez ściany samych korpusów. Czemu należy zawdzięczać, że ta sama przekładnia wydaje różne dźwięki zależnie od zabudowania, w którem jest zmontowana?

Na zakończenie autor podaje szereg prób, mających na celu zbadanie tych zjawisk i zachęca do dalszych prac w tym kierunku.

---oooOooo---

NORMALIZACJA NARZEDZI DO SKRAWANIA METALI.

Normung von Werkzeugen der spanabhebenden Formung.
H.J Stoewer.
Maschinenbau, 1, 15 December 1932.

/ dokończenie/.

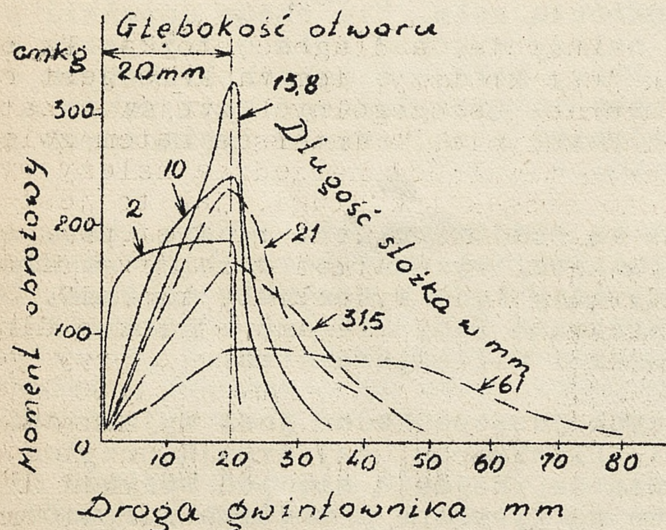
Normalizacja gwintowników.

Normalizacja gwintowników jest pod wieloma względami prostsza, niż normalizacja frezów, ponieważ warunki pracy gwintownika są określone tylko przez własności obrabianego materjału, szybkość skrawania w wąskich granicach i głębokość gwintowania.

Utrudnia zadanie kwestja tolerancyj gwintowanych otworów. Według normy, opracowanej przez Niemiecki Präzisions-Werkzeug-Verband wymiary gwintowników powinny być zawarte w dolnej jednej trzeciej tolerancji dla gwintów według DIN średniej klasy. Dla decyzji takiej była miarodajna ta okoliczność, że każdy gwintownik wykonywa w normalnie używanych materjałach gwint cokolwiek większy, wobec czego wykonane otwory tylko wtedy pozostają w obrębie przepisanej tolerancji, względnie nie przekraczają jej zanadto, o ile gwintownik różni się dostatecznie dużo od maksymalnego wymiaru. Różnica między wymiarem gwintu wykonanego i gwintownika jest zależna od materjału obrabianego, jak również od głębokości otworu i kształtu gwintownika, zwłaszcza co się tyczy długości stożkowej. Okoliczności te wpływają na wymagania odbiorców co do położenia wymiaru gwintownika w obrębie tolerancji według DIN. Nie pozwala to na całkowite ujednostajnienie wykonań gwintowników, aczkolwiek większość spotykanych wypadków odpowiada wyżej podanej regule.

Długość stożka. Przy ujednostajnianiu wymiarów gwintownika należy się na początku zastanowić nad długością części stożkowej.

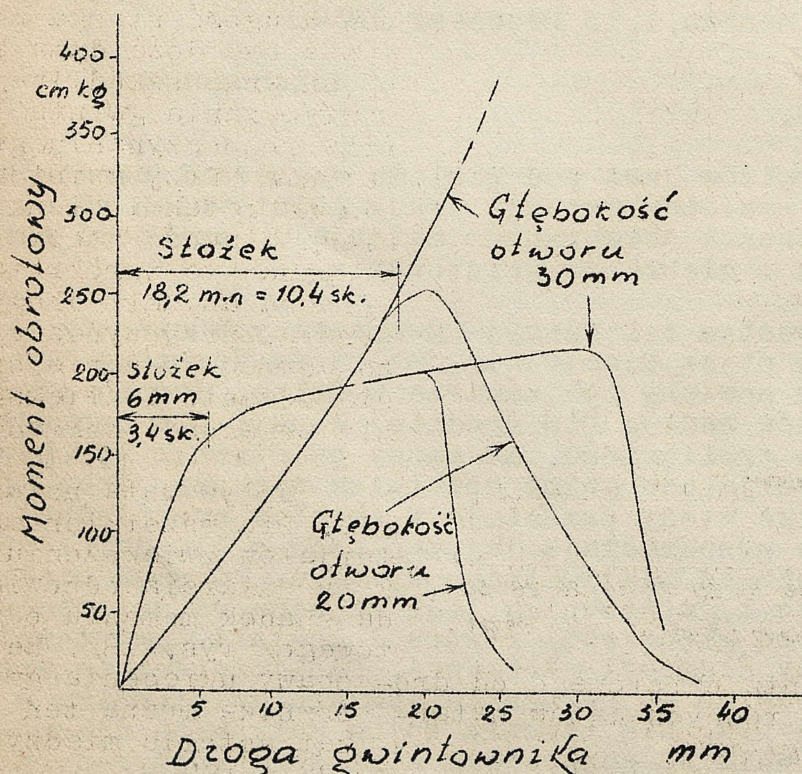
Dotychczas istnieje jedynie zasada, nakazująca możliwe skrócenie tej długości w gwintowniku wykańczającym, przeznaczonym do gwintowania slepych otworów, aby otrzymany gwint ciągnął się jaknajbliżej dna otworu. Zagadnienie to dla innych gwintowników zostaje rozwiązane po wzięciu pod uwagę przebiegu skrawania. Rys.15 wskazuje wielkość momentów przy gwintowaniu w zależności od drogi narzędzia o średnicy M 12. W tem miejscu należy przeprowadzić podział gwintowników na takie, u których stożek jest krótszy i takie, u których jest on dłuższy, aniżeli głębokość otworu. W pierwszej grupie najlżej pracuje gwintownik o najkrótszym stożku, podczas gdy z gwintowników drugiej grupy najmniejsze opory przy gwintowaniu przedstawia gwintownik o najdłuższym stożku, ponieważ przy zwiększającej się długości stożka są jednocześnie zbierane coraz mniejsze ilości wiórów. Zmniejszenie momentu obrotowego odbywa się kosztem czasu, potrzebnego na gwintowanie.



Rys. 15. Zależność momentu obrotowego od drogi gwintownika dla gwintowników o różnych długościach części stożkowej. Materjał: stal 60 kg/mm^2, gwintownik M 12 o trzech nacięciach.

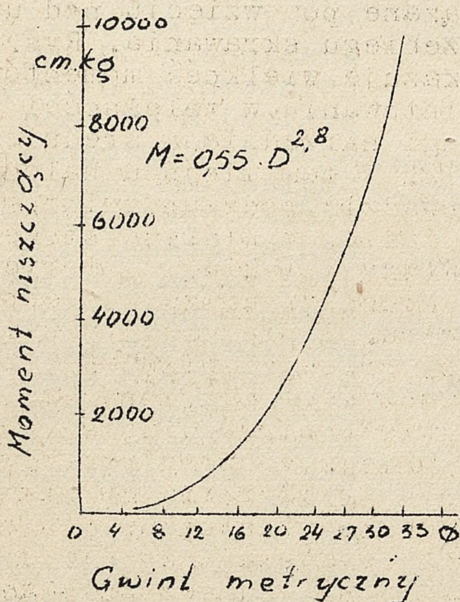
Ze względów konstrukcyjnych nie zawsze jest możliwe wykonywanie długości stożka parokrotnie większej, aniżeli długość otworu. Z tego względu dla gwintowników, przeznaczonych dla długich otworów, prawidłowe jest wykonywanie stożka krótszego.

Należałoby jeszcze zastanowić się nad kwestją skracania stożka przy zwiększaniu głębokości otworu. Na rys.16 pokazane jest porównanie momentów obrotowych przy długościach otworów 20 i 30 mm. Gwintownikowi o długości stożka wynoszącej 6 mm czyli 3,4 skoku, odpowiada przy wzroście głębokości otworu nieznaczne powiększanie momentu obrotowego, pochodzące ze zwiększonego zakleszczania się wiórów i tarcia flank gwintu. W przeciwieństwie do tego trzykrotnie dłuższemu stożkowi o wymiarze 18,2 mm czyli 10,4 zwojów, odpowiadał ze wzrostem głębokości otworu szybszy wzrost momentu obrotowego, wskutek czego po osiągnięciu przez gwintow-



Rys.16. Zależność momentu obrotowego od drogi gwintownika przy różnych głębokościach otworów dla gwintown. M 12 o różnych długościach części stożkowej. Materjał stal 60 kg/ mm^2.

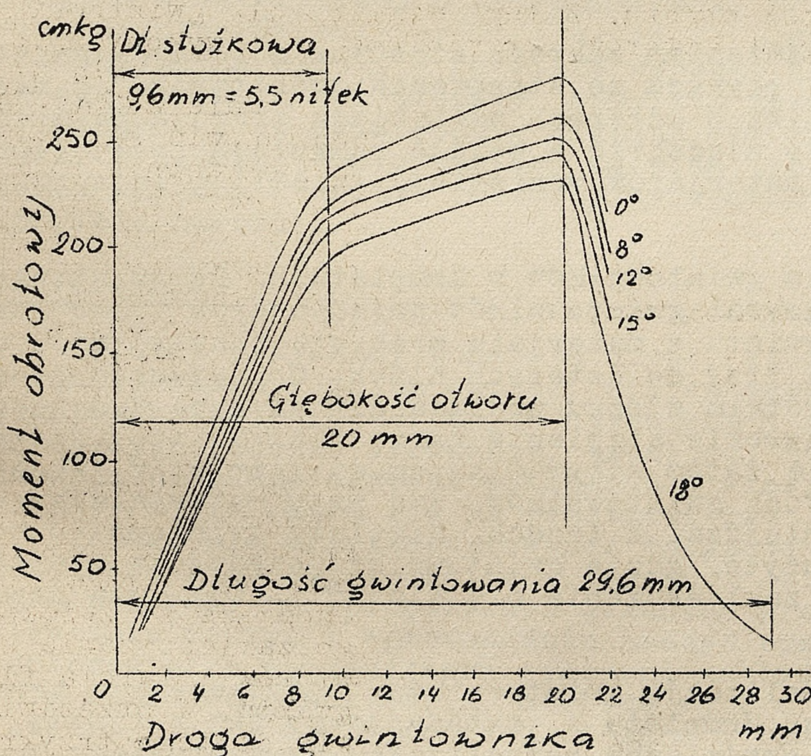
nik głębokości 26 mm moc obrabiarki okazała się za mała dla dalszego prowadzenia obróbki. Próby wykazują, że zmniejszenie długości stożka powoduje uniezależnienie przebiegu gwintowania od głębokości otworu, umożliwia zatem zastosowanie tego samego narzędzia do otworów o różnej głębokości, co ułatwia normalizację.



Rys.17. Momenty niszczące gwintowników.

Zużycie, a długość stożka. Im stożek jest krótszy, tem większe jest obciążenie poszczególnych zwojów a zatem i ich zużycie. W interesie zatem zwiększenia trwałości narzędzia należy wykonać stożek tak długi, jak to jest dopuszczalne ze względu na występujące siły. Granicę stanowi tu wytrzymałość gwintownika na skręcania, rys. 17. Gwintownik, posiadający stożek o długości 7,5 mm / M 12 / wymaga przy gwintowaniu stali o wytrzymałości 60 kg/mm^2 momentu obrotowego 150 kgcm. Krzywa momentów niszczących wskazuje, że gwintownik M 12 łamie się przy momencie 600 kgcm. Gwintownik o stożku 7,5 mm jest zatem dostatecznie odporny na skręcenie. Trzy wielkości, moment obrotowy, moment niszczący i odporność na zużycie określają długość stożka w dość ciasnych granicach.

W pewnych wypadkach wchodzi jeszcze w grę wymagana dokładność wykonania; oznacza to, że przy stosowaniu pojedyńczych gwintowników do niezbyt głębokich i bardzo dokładnych otworów długość stożka powinna być dość duża aby uniknąć szkodliwego powiększania gwintu przy rozpoczynaniu gwintowania. Przy gwintowaniu nakrętek i cienkich blach długość stożka powinna być parokrotnie większa aniżeli długość otworu, przyczynia się to bowiem do zmniejszenia momentu i zwiększenia trwałości narzędzia.

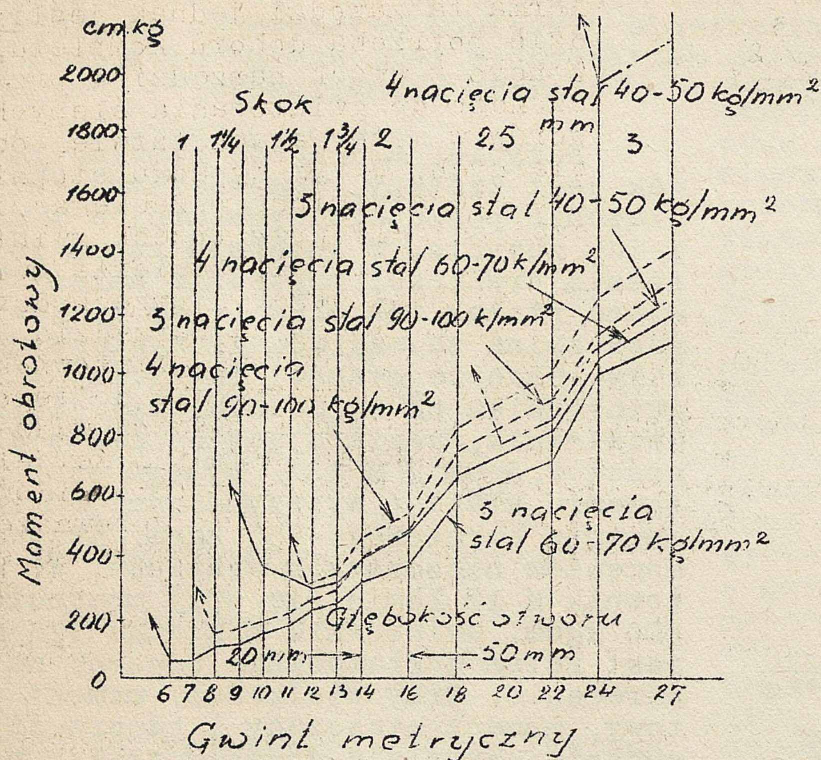


Rys. 18. Zależność momentu obrotowego od drogi gwintownika M 12 dla różnych kątów natarcia. Materjał stal 60 kg/ mm^2.

Wpływ kąta natarcia. Dla wszelkich materjałów zwiekszeniu kąta natarcia odpowiada spadek momentu obrotowego/ rys. 18/. Bez obawy ukrecenia gwintownika można ten kąt ustalić miedzy 12° a 18°.

Granice dla stosowania pojedyńczych gwintowników. Rys. 19 wska-

żuje, że gwintowniki o trzech nacięciach mogą pracować w stalach o średniej wytrzymałości nawet przy małych średnicach. Przy wytrzymałościach materjału obrabianego 90-100 kg/mm^2 gwintowniki o średnicach poniżej 8 mm mają skłonność do ukręcenia ze względu na nadmierny wzrost występującego momentu. Średnica 8 mm jest zatem granicą stosowania pojedyńczych gwintowników dla obróbki otworów o dowolnej głębokości w twardszych materjałach. Gwintowanie staje się jeszcze trudniejsze dla stali bardzo ciągliwych, o wytrzymałości 40 kg/mm^2. Stosowanie pojedyńczych gwintowników o trzech nacięciach staje się tu niemożliwe, zwłaszcza przy większych głębokościach, już poniżej średnic 20 mm.

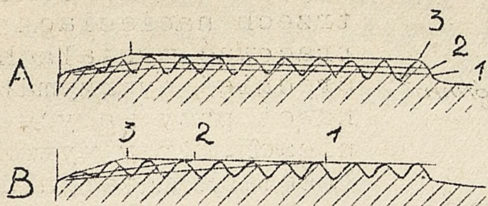


Rys. 19. Wpływ materjału obrabianego i ilości nacięć gwintownika na moment obrotowy.

Rys.19 poza uwidocznieniem zakresu stosowania różnych gwintowników uwypukla korzyść, płynącą ze stosowania gwintowników o małej ilości nacięć. Gwintowniki o czterech nacięciach pracują na materjałach ciągliwych bardzo niedobrze a wogóle odnawiają posłuszeństwa przy obróbce innych materjałów wcześniej, aniżeli gwintowniki o trzech nacięciach.

Zakres zastosowania gwintowników w kompletach. Do gwintowania ślepych otworów można używać gwintowników pojedyńczych tylko wtedy, jeśli wychodzenie gwintu z materjału może się odbywać na długości większej, aniżeli trzy do czterech nitek. Konieczność stosowania gwintowników o krótkim stożku pociągałaby za sobą duże obciążenie na jeden zwój i szybkie stępienie narzędzia. Gwintowanie ślepych otworów powinno się zatem odbywać zapomocą kompletów, złożonych przynajmniej z dwóch gwintowników, zaś przy materjałach, których obróbka jest trudniejsza, z trzech. Komplety gwintowników powinny być również tam użyte, gdzie gwintowniki pojedyńcze nie nadają się ze względu na zakleszczanie się wiórów i zbyt duże naprężenia skręcające.

Dotychczasowa normalizacja gwintowników. Dotychczasowe normy, rys. 20, dotyczą jednego kompletu A, składającego się z trzech gwintowników o różnych średnicach zewnętrznych oraz drugiego B o wspólnej średnicy zewnętrznej i różnych długościach stożków. Z normy tej można dla różnych potrzeb dobrać najodpowiedniejsze narzędzie. Tak więc jako pojedyńczy gwintownik o krótkim stożku może być zastosowany gwintownik Nr.2 z kompletu B. W razie konieczności zastosowania dłuższego stożka stanie się aktualne narzędzie Nr.1 z tego samego kompletu. Do gwintowania ślepych otworów w trudniej obrabialnych materjałach nadaje się najlepiej komplet według A.



Rys. 20. Ręczne gwintowniki dla gwintów metrycznych według DIN 13 i 14.
A. Dla otworów ślepych, toczone na różne średnice.
B. Dla otworów przechodzących, toczone na różne stożki.
1. Gwintownik przygotowawczy.
2. Gwintownik pośredni.
3. Gwintownik wykańczający.
Gwintowniki A3 i B3 są jednakowe.

Norma ta zawodzi jednak jeśli zajdzie potrzeba doboru kompletu, złożonego z dwóch narzędzi i przeznaczonego do gwintowania ślepych otworów w materjałach łatwiej obrabialnych. W tym wypadku stopniowanie średnic winno przebiegać inaczej aniżeli przy trzech gwintownikach. Jeśli się zamierza gwintować dłuższe otwory, przechodzące na wylot, zapomocą narzędzia z kompletu B, wówczas gwintownik Nr. 1 okaże się przeważnie do tego celu nieodpowiedni. Główną wadą tego sposobu ujęcia jest to, że cel stosowania kompletów gwintowników zmienił się, wskutek wprowadzenia gwintowników pojedyńczych ze stali szybkotnącej i że użytkujący nie może się dobrze zorjentować, jakie narzędzia będą dla niego odpowiednie.

Proponowany plan normalizacji. Plan ten przewiduje przede wszystkiem dwa gwintowniki, pracujące pojedyńczo o różnych długościach części stożkowych, przeznaczone do gwintowania otworów o różnych głębokościach w granicach zakreślonych przez rys. 19. Trzeci gwintownik pojedyńczy powinien być przeznaczony dla nakrętek. Komplety złożone z dwóch sztuk, z których pierwszy posiada dłuższą, drugi zaś krótszą część stożkową, mają za zadanie gwintowanie otworów ślepych w materjałach o wytrzymałości, przekraczającej 60 kg/mm^2 oraz do otworów mniejszych średnic w materjałach ciągliwszych przechodzących na wylot; w ostatnim wypadku stożek gwintownika wykańczającego powinien być dłuższy. Komplety złożone z trzech sztuk są przeznaczone do gwintowania ślepych otworów w materjałach ciągliwych. Z doświadczenia wynika, że plan taki obejmuje wszystkie zachodzące wypadki i ułatwi odbiorcy wyszukanie właściwego narzędzia lub kompletu narzędzi.

Zakończenie.

Podane przykłady pokazują drogę, którą należy kroczyć przy normalizowaniu ważnych części, wpływających na przebieg obróbki: planowe badanie różnorodnych czynników i zależnych od nich sił, występujących podczas skrawania, trwałości narzędzia, możliwości jego uszkodzenia, dokładności wykonania a wreszcie ustalenie postaci narzędzi, które okażą się na podstawie prób najwłaściwsze. W ten sposób osiąga się usystematyzowanie mnogości napotykanych wypadków ku pożytkowi wytwórcy i odbiorcy. Korzyści osiągnięte przez wytwórcę, będą polegały na uproszczeniu urządzeń produkcyjnych, rzadszem przestawianiu maszyn i wprowadzeniu maszyn specjalnych, podczas gdy odbiorca poza wymienionemi wygodami zdobędzie łatwiejszy sposób doboru właściwego narzędzia. Swoboda wyboru nie zostanie przytem naruszona, jeśli normy zostaną ułożone i podzielone w odpowiedni sposób. Prace takie nie doprowadzą odrazu do otrzymania właściwych norm a dadzą narazie dane orjentacyjne, których wartość zostanie wykazana przez praktykę. Być może, załatwienie tej sprawy inaczej, aniżeli pod postacią danych orjentacyjnych nie okaże się rzeczą wskazaną, postać taka ułatwi bowiem rozwój norm w razie naprzykład wprowadzenia nowych materjałów i metod obróbkowych. Zdaniem autora dzisiejszy stan wiadomości pozwala na ustalenie najwłaściwszych

form dużej liczby narzędzi, przynajmniej na okres czasu, przez jaki zwykle trwają normalne normy. Jeśli zostanie postanowiona odpowiednia współpraca, wówczas należy się wyrzec wszelkich sprzeciwów, spowodowanych myślą o własnej korzyści, i ofiarować posiadane doświadczenie ogółowi, przyczyniając się w ten sposób do pogłębienia podstaw normalizacji narzędzi.

---oooOooo---

BRONZY GLINOWE.
The Aluminium Bronzes.
E.C.J.Marsh i E.Mills.
Aircraft Engineering, November 1933.

Wymagania, stawiane częściom nowoczesnych konstrukcyj mechanicznych, poddanym znacznym obciążeniom i pracującym przy dużych szybkościach, zmusiły metalurgów do odstąpienia od dawniej używanych stopów i do wprowadzenia materjałów, dających się wydatnie ulepszyć przez właściwą obróbkę cieplną. Do wkroczenia na tę drogę zmusiła również metalurgów troska o zapewnienie możliwie dużej niezawodności zarówno metodom warsztatowym, jak i pracy wykonanych części. Dążenie to staje się zupełnie zrozumiałe jeśli się weźmie pod uwagę, że podstawą działalności nowoczesnych warsztatów jest utrzymanie ciągłości produkcji i dążenie do jej powiększania oraz że uszkodzenie drobnej nieraz części może się stać przyczyną straty materjału, pracy a nawet życia ludzkiego. Dzisiejszy stan wiadomości nie pozwala na uważanie stopów żelaza za jedyne materjały, dające się ulepszać termicznie, oraz na utrzymywanie, że jedynym zabiegiem cieplnym, któremu mogą być poddawane stopy nieżelazne, jest wyżarzanie. Znane są obecnie liczne stopy o dużej zawartości miedzi, dające się hartować i odpuszczać podobnie do stali. Największe rozpowszechnienie z pośród stopów tej kategorji znalazły materjały, zawierające glin i beryl. Pełne zastrzeżeń ustosunkowanie się inżynierów do nowych materjałów stanie się zrozumiałe, jeśli sobie uprzytomnić niemożność zasięgnięcia informacyj, uwypuklających dostatecznie przejrzyście wybitne zalety nowych stopów. Ponadto wielu wytwórców woli się posługiwać materjałami w tym stanie, w jakim zostały dostarczone, aniżeli wprowadzać do produkcji nowe procesy o wartości niewyświetlonej. Stan ten nie powinien być dłużej znoszony, jeśli się zamierza osiągnąć oszczędności, płynące ze zmniejszenia wymiarów i ciężaru części pracujących, i przedłużyć ich używalność.

Skład bronzów glinowych.

Ogólnie biorąc, bronz glinowy jest stopem zawierającym miedź i glin; aczkolwiek stosowano dotychczas materjały o różnem ustosunkowaniu obu tych składników, to większość bronzów używanych obecnie opiera się na dwóch stopach podstawowych, zawierających odpowiednio 7 i 10 % glinu i określanych w dalszym ciągu jako 7- i 10- procentowe. Szereg innych stopów powstaje przez dodanie do nich innych składników. Największe rozpowszechnienie znalazł dzisiaj stop 10-procentowy.

Pomimo że stop 10-procentowy posiada doskonałe właściwości mechaniczne, którym towarzyszy znaczna wytrzymałość na zmęczenie, to własności mechaniczne i fizyczne mogą być znacznie podniesione przez inne dodatki. Stopy takie, zyskujące sobie coraz większą popularność, zawierają przedewszystkiem żelazo, nikiel, mangan i ołów. Każdy oddziaływa w pewnym kierunku i przyczynia się do rozszerzenia zakresu zastosowań bronzów glinowych.

Dodatki żelaza wahają się od 2 do 5 %, przyczem zawartość glinu zmienia się od 7 do 11 % ; stop najczęściej używany zawiera 2,5 % żelaza i 9,5 % glinu. Dodatni wpływ żelaza ujawnia się w różny sposób.

Wpływ dodatków żelaza.

Jedną z najważniejszych korzyści, wypływających z dodania żelaza, jest otrzymanie drobnoziarnistej budowy dzięki stworzeniu wielkiej liczby ośrodków, dających początek krystalizacji. Okoliczność ta utrudnia powstawanie budowy warstwicowej, spowodowane przy wolno stygnących odlewach przez rozdział fazy beta na fazy alfa i delta. Ma to ogromne znaczenie, zmniejsza bowiem w znacznym stopniu możliwość samoodpuszczenia. Zwiększenie zakresu temperatur krzepnięcia odlewu zmniejsza ryzyko powstawania wewnętrznych naprężeń w miejscach styku cieńszych przekrojów z grubszemi. Obecność żelaza zwiększa pozatem odporność stopu na działanie pewnych kwasów. Normalny stop jest bardziej wytrzymały na słaby roztwór kwasu siarkawego, podczas gdy bronz z zawartością żelaza lepiej wytrzymuje działanie słabego roztworu kwasu siarkowego. Zetknięcie takiego materjału z wrzącym kwasem siarkowym o ciężarze właściwym 1,60 nie powoduje dużej korozji. Zetknięcie się przy wysokich temperaturach z metanem oraz tlenkiem i dwutlenkiem węgla nie pociąga za sobą szkody dla materjału. Istnieją pewne szkodliwe dla tych materjałów warunki korozyjne, o których będzie mowa w dziale, traktującym o korozji. Dalszą korzyścią, osiąganą przez wprowadzenie dodatku żelaza jest podniesienie własności fizycznych stopu. 3 % podnosi wytrzymałość do 55 kg/mm^2 granicę płynności do 22 kg/mm^2 i przydłużenie do 20 %. Należy unikać dodawania żelaza powyżej 5 %, gdyż grozi to zmniejszeniem ciągliwości i powstaniem wad budowy. Bronzy glinowe, zawierające żelazo, są niezmiernie ciągliwe przy wysokich temperaturach, co pozwala na walcowanie i kucie ich na gorąco. Te same stopy mogą być odlewane w kokili, co im nadaje doskonałe właściwości mechaniczne dzięki przyśpieszonemu studzeniu.

Nikiel, podobnie jak żelazo może być dodawany w ograniczonych ilościach jeśli ma zapewnić maksymum korzyści. W niewielkich dodatkach nikiel zwiększa ciągliwość; duże zmiany występują dopiero przy dodaniu 7 % niklu i polegają na powiększeniu wytrzymałości i zmniejszeniu ciągliwości. Większe dodatki niklu zmniejszają zatem ciągliwość materjału. Bronz 10-procentowy, zawierający 7 % niklu, posiada wytrzymałość do 66 kg/mm^2. Praktyka ogranicza zawartość niklu między 4 a 7 %. Dalszą cechą, spowodowaną przez dodatek niklu, jest podniesienie zwartości materjału, co jest wyzyskane przy budowie urządzeń, poddanych wysokiemu ciśnieniu hydraulicznemu.

Małe dodatki manganu podnoszą własności mechaniczne, a zwłaszcza granicę płynności, bez wpływania na ciągliwość. Najpospolitszy stop należący do tej kategorji zawiera 1 % manganu i posiada następujące własności: granica płynności 25 kg/mm^2, wytrzymałość na rozerwanie 63 kg/mm^2, przydłużenie 25 %. Granica płynności wzrosła w porównaniu ze stopem 10-procentowym o 6 kg/mm^2. Mangan nie zmniejsza odporności stopu na korozję, zwiększa natomiast wytrzymałość na ścieranie. Stopy te są prawie równoważne najbardziej rozpowszechnionym bronzom glinowym zawierającym żelazo.

Podobnie do innych stopów o dużej zawartości miedzi, główna trudność przy dodawaniu ołowiu polega tu na zapewnieniu dobrego rozdzielenia tego metalu w stopie. Da się to osiągnąć drogą właściwego odlewania. Dobre rozproszenie ołowiu w stopie jest pożądane, ponieważ dodatek ten ma na celu ułatwienie obróbki i poprawienie własności tarciowych stopu. Łatwa obróbka jest spowodowana łatwem odłamywa-

niem się wiórów pod postacią drobnych szpilek, co zmniejsza tarcie przy końcu narzędzia i zapobiega zapychaniu się uchwytów. Długie wióry powstają przy obróbce bronzów, niezawierających ołowiu. W roztworze znajduje się tylko nieznaczny procent ołowiu, reszta zaś jest rozdzielona na granicy między ziarnami lub też w postaci drobnych kulek w obrębie kryształów jeśli odlewanie było przeprowadzone prawidłowo. Stop zawierający ołów rozdzielony w ten sposób będzie łatwo obrabialny wskutek miejscowych osłabień, spowodowanych przez ołów, a wióry będą się łatwo odłamywać. Najlepsze właściwości tarciowe istnieją również przy podobnym rozdziale ołowiu. Nagromadzenie większych ilości ołowiu w pewnem miejscu jest przyczyną osłabienia materjału i umożliwia powstanie pęknięć. Zawartość ołowiu waha się od 1 do 3 % ; pospolity stop posiada następujący skład: glin 9,5%, ołów 1,5 %, żelazo 2%, cyna 0,15 %, miedź :pozostałość.

Postaci handlowe.

Ciągnione pręty bronzowe w stanie dostardzonym posiadają następujące przybliżone właściwości mechaniczne:granica płynności 31,5 kg/mm², wytrzymałość na rozerwanie 58 kg/mm², przydłużenie 2 %, twardość 200 jednostek Vickersa. Szerokie zastosowanie znajduje również zwykły stop zawierający 1-2 % ołowiu i 9,5 -10,5 % glinu.

Bronzy glinowe występują na rynku pod postacią prętów, blach, rur, odlewów piaskowych i kokilowych oraz surówek, prasowanych na gorąco. Przy produkcji prętów i blach obowiązują wytwórcę przy przygotowywaniu bloku środki ostrożności, przyjęte dla innych stopów, niezawierających żelaza. Stopy te dają się obrabiać na gorąco bez obawy o występowanie kruchości, charakterystycznej dla podobnych materjałów, jak naprzykład bronzu manganowego.Obawa ta nie istnieje w całym zakresie temperatur od najwyższej do ostygnięcia.Ułatwia to przeciąganie prętów i sprawia, że naprzykład w Anglji wiekszość bronzu glinowego w prętach jest przeciągana. Najczęściej spotykaną wadą przy takich prętach jest wciąganie zewnętrznej powłoki bloku do wnętrza pręta podczas przeciągania. Zjawisko to uwidacznia się jako podłużne pęknięcie a oglądane w przekroju poprzecznym wygląda jak krzywa linja ciągnąca się na około dwóch trzecich przekroju. Wszystkie pręty winny być sprawdzane przy końcach dla uniknięcia tej wady.

Odlewy piaskowe.

Odlewanie bronzów glinowych w piasku jest ułatwione wskutek tego, że podczas krzepnięcia nie występuje pośrednia faza złożona z części stałej i płynnej. Należy to zawdzięczać bardzo małemu zakresowi temperatur krzepnięcia ,na co wskazuje wykres rys.1 /Patrz dokończenie artykułu w następnym numerze./ Przy odlewaniu zachodzi konieczność przestrzegania zwykłych środków ostrożności przyjętych w odlewnictwie i liczenia się z następującemi punktami: 1/ skurcz wewnętrzny, 2/ inkluzje tlenków, 3/ absorbcja gazów, 4/ wgłębienia i puste miejsca. W dalszym ciągu zostaną one kolejno omówione.

Całkowity skurcz odlewu będzie się składał ze skurczu ciekłego stopu do chwili początku krzepnięcia, ze skurczu podczas krzepnięcia i ze skurczu następującego między końcem krzepnięcia a całkowitem ostygnięciem. Skurczów tych nie da się uniknąć, można im tylko przeciwdziałać przez właściwe zaprojektowanie odlewu.Skurcz w fazie płynnej jest neutralizowany przez właściwe rozmieszczenie wlewów i przelewów o odpowiednich wymiarach. Skurcz podczas krystalizacji wynosi jakieś 10 %, co oznacza, że każdy kryształ po skrzepnięciu zajmuje około 90 % objętości, zajmowanej przez ciekły stop, z którego powstał, w tej samej temperaturze. Wynikiem tego jest powstawanie wysokich naprężeń ściskających, nadających materjałowi

znaczną wytrzymałość mechaniczną, w przybliżeniu równoważną wytrzymałości, nadawanej stopom o mniejszym wewnętrznym skurczu przez walcowanie na gorąco. Trzeciem stadjum skurczu jest skurcz w stanie stałym, wynoszący cokolwiek poniżej 2 % linjowo. Powyższe uwagi uzasadniają potrzebę szczegółowego zbadania konstrukcji odlewu i sposobu odlewania celem uniknięcia błędów w odlewie i osiągnięcia maksymum korzyści, płynących z zastosowania bronzu glinowego. W razie niemożności zastosowania konstrukcji, pozwalającej na osiągnięcia równowagi naprężeń, należy przewidzieć w starannie dobranych miejscach chłodniki. W prawidłowo zaprojektowanych odlewach ciensze przekroje oddziaływują jak chłodniki i dzięki szybkiemu przechodzeniu ze stanu płynnego w stały i towarzyszącemu temu skurczowi wywierają działanie wciągające płynny stop z wlewów do mniej dostępnych miejsc formy. Osiągnięciu równowagi naprężeń sprzyja również działanie wyżarzające, wywierane przez większe nagromadzenie materjału na mniejsze części, pozostające w niższej temperaturze.

Inkluzje tlenków są spowodowane przez dwie przyczyny. Pierwszą z nich jest redukcja miedzi przez glin, następująca przy stapianiu tych dwóch metali razem. Powstający w ten sposób tlenek glinu utrzymuje się bardzo uporczywie w stopie podczas wszelkich dalszych przetapiań. Tworzące się w ten sposób skupienia tlenków są przyczyną miejscowych osłabień i porowatości. Ponadto występuje zetknięcie się tlenu z metalem podczas odlewania a w razie rozpryśnięcia się metalu krople o całkowicie utlenionej powierzchni dostają się do odlewu wraz ze strumieniem metalu i są przyczyną powstania nieciągłości w odlewie; nie zachodzi to jedynie w razie przerwania warstwy utlenionej przez działanie mechaniczne.

Pęcherze.

Pęcherze w odlewach poza powodowaniem porowatości, będącej sama przez się niepożądaną wadą, tam naprzykład, gdzie występują duże ciśnienia hydrauliczne, są przyczyną osłabienia materjału w stopniu którego ocena nie jest możliwa, w związku z czem ocena trwałości danej części staje się rzeczą przypadku. Natura bronzu glinowego sprzyja powstawaniu tej wady, spowodowanej skłonnością głównych metali składowych do pochłaniania do roztworu gazów, których uwolnienie następuje w miarę okoliczności po skrzepnięciu i podczas stygnięcia. Zależnie od sposobu topienia i odlewania, ilość gazów, wciągniętych do roztworu, ulega zmianie, podczas gdy szybkość stygnięcia określa ilość wytworzonych pęcherzów. Powolne stygnięcie sprzyja uwalnianiu gazów, które mogą wskutek tego ujść z odlewu, znaczne zaś przyśpieszenie tego procesu pociąga za sobą zatrzymanie gazów w roztworze. Przy pośrednich szybkościach stygnięcia gazy uwalniają się z roztworu i zostają uwięzione przez krzepnący metal, tworząc pęcherze rozproszone w masie metalu. Odlewy w kokilach stygną bardzo prędko, można się zatem nie obawiać tych trudności. Ostatnie warunki krzepnięcia występują przy odlewach piaskowych, z tego względu należy się więc starać o możliwie daleko posunięte wyłączenie możliwości pochłaniania gazów przez ciekły stop. Da się to osiągnąć drogą zwrócenia uwagi na warunki ogrzewania tygla ze stopem i wlania metalu do formy natychmiast po osiągnięciu przezeń przepisanej temperatury, która powinna być możliwie niska; podczas odlewania należy zwrócić uwagę na uniknięcie mieszania i rozpryskiwania.

Poprzednio zwrócono uwagę na nagłą zmianę objętości w chwili przejścia ze stanu ciekłego w stały; podkreślono przytem znaczenie tego zjawiska, nie należy jednak zapominać o możliwości tworzenia się wskutek tego wgłębień i pustych miejsc. Sposób formowania powinien liczyć się z tem i przewidzieć, odwrotnie do tego co ma miejsce przy odlewaniu mosiądzu, specjalne wlewy w tych miejscach, gdzie

istnieje niebezpieczeństwo powstawania znacznego skurczu. Zamiast tego lub jednocześnie z tem można dać jeśli to jest możliwe rozwiązanie, pozwalające odpowiedniej części odlewu na skrzepnięcie na ostatku.

Odlewanie bronzów glinowych w kokilach interesowało w przeciągu ostatnich dziesięciu lat inżynierów z punktu widzenia znacznych oszczędności na metalu i czasie, dających się osiągnąć tą metodą. Jako odlewanie w kokili określa się w niniejszym artykule sposób, polegający na doprowadzaniu stopionego metalu do metalowej formy pod wpływem siły ciężkości. Szybkie krzepnięcie metalu w takiej formie nakazuje wlewać metal z dużą szybkością i zwrócić uwagę na zachowanie właściwych temperatur przez metal i samą formę. Tak jak przy odlewaniu w piasku pracowanie przy niskiej temperaturze zmniejsza skurcz, tak samo tu ostrożność ta zmniejsza odstawanie metalu od ścian kokili. Korzystnem jest ogrzewanie kokili celem uniknięcia zbyt intensywnego chłodzenia dopływającego metalu, nie należy jednak nadmiernie podwyższać temperatury, może to bowiem spowodować rozpuszczenie się metalu kokili w ciekłym stopie wraz z towarzyszącem temu powstawaniem nierówności na powierzchni i złym wykończeniem odlewu. Doświadczenie poleca niepodnoszenie temperatury kokili powyżej 300° i utrzymywanie jej na początku na wysokości 200°, podczas gdy temperatura metalu na początku odlewania nie powinna przekraczać 1350° nawet przy dużych ciężarach i złem zaprojektowaniu odlewu. W razie konieczności stosowania paru wlewów i istnienia możliwości niepołączenia napotykających się strumieni metalu z sobą ze względu na utlenienie się ich powierzchni odlewanie winno się odbywać w atmosferze obojętnej lub redukującej. Osiąga się to zapomocą doprowadzania azotu lub palenia we wnętrzu kokili redukującego płomienia gazu węglowego.

Odlewanie w kokilach.

Przy projektowaniu części, przeznaczonej do odlewania w kokili, konstruktor winien się porozumieć przed ostatecznem zatwierdzeniem projektu z odlewnikiem, posiadającym odpowiednie doświadczenie. Poniższe wyjaśnienia uzasadnią konieczność takiego postępowania. Wiadomo więc, że konstrukcję kokili dyktują w znacznym stopniu wymagania związane z szybkiem stygnięciem odlewu; chodzi tu zwłaszcza o te cechy, któremi kokile te odbiegają od kokil dla lekkich stopów. Wskutek występowania wysokich temperatur należy dążyć do takiego ustawienia wlewów, aby ograniczyć zbyt intensywny przepływ gorącego metalu przez ciasne przekroje celem zasilenia bardziej oddalonych miejsc kokili. W ten sposób unika się erozji kokili i przedwczesnego zastygnięcia metalu, uniemożliwiającego wypełnienie dalszych miejsc. Ważnem jest ustawienie wlewów w miejscach większego nagromadzenia materjału, co pozwala na wypełnienie z początku mniejszych przekrojów, pobierających materjał z miejsc większego skupienia, które z kolei rzeczy będą otrzymywały materjał od wlewu. Jeśli to się nie da osiągnąć, można przekształcić konstrukcję kokili w kierunku otrzymania podobnych wyników. W ten sposób zwiększenie grubości ścianki kokili w sąsiedztwie większych nagromadzeń materjału, łączących się bezpośrednio z cieńszemi przekrojami, przyczyni się do usunięcia działania ssącego ze strony tych przekrojów dzięki ujednostajnieniu przebiegu stygnięcia. Ze względów oszczędnościowych dąży się zazwyczaj do możliwie dalekiego zmniejszenia ilości wlewów, z drugiej strony jednak wymagania konstrukcji mogą wskazywać na potrzebę zastosowania więcej aniżeli jednego wlewu. Taka konstrukcja formy zwiększa możliwość utworzenia się utlenionej warstwy na powierzchni płynącego metalu i powstania przy szybkiem wlewaniu metalu wewnętrznych fałd, zawierających tlenki, niebezpieczeństwo to zostaje jednak w wielu formach wyłączone wskutek zaburzeń, powstających na granicy stykających się strumieni metalu i doprowadzających do zniszczenia warstwy utlenionej.

Przy wyborze materjału dla kokili i rdzeniów decydować będą wymagana ilość odlewów, komplikacje konstrukcyjne i dozwolone wahania wymiarów. Dla wykonania znacznej ilości sztuk o normalnych tolerancjach bardzo dobre wyniki da dobry gatunek szarego żeliwa, otrzymany z dobranych rud hematytowych. Typowy materjał tego rodzaju zawiera: węgla związanego 0,4 %, węgla wolnego 3,2 %, krzemu 1,9 %, manganu 0,6 % , siarki 0,1 % max, fosforu 0,35 % max. Specjalną uwagę należy zwrócić na nieprzekroczenie podanych ilości siarki i fosforu.

Ochrona powierzchniowa.

Tego rodzaju materjał na kokile będzie oczywiście posiadał skłonności do zużywania się w miejscach, o które będzie uderzał napływający metal. Jeśli po wzięciu pod uwagę zamierzonej produkcji dodatkowy wydatek okaże się usprawiedliwiony, poleca się zastosowanie dobrego gatunku żelaza magnetycznego, kaloryzowanego zapomocą powłoki glinowej, nakładanej na gorąco. Podstawowe żelazo powinno odpowiadać następującej analizie: węgiel 0,05 %, mangan 0,035 %, krzem 0,025 %, siarka 0,030 %, fosfór 0,030 %./wszystkie zawartości jako maksymalne./Jeden z gatunków żelaza odpowiadającego powyższej analizie znany pod nazwą Armco zawiera według gwarancji 99,84 % czystego żelaza i 0,16 % nieczystości, wśród których znajduje się tlen, azot i wodór.

Szybkiemu zużywaniu się powierzchni kokili zapobiega również galwaniczne chromowanie. Postawienie ogólnie obowiązujących reguł chromowania nie jest możliwe, gdyż nieraz występuje wypadek, stanowiący bardzo udaną modyfikację przyjętej praktyki, a urządzenie normalnie nie polecane, doskonale spisuje się. Można jednak powiedzieć, że konieczna jest powłoka ochronna o wysokiej jakości, wykonana pod fachowym dozorem, przy odpowiednim doborze metalu podstawowego i zastosowaniu prawidłowego wykończenia i grubości powłoki. Wybór metalu podstawowego może być dokonany pomiedzy podanem wyżej żelazem magnetycznem, a węglistą stalą narzędziową. Pierwszy materjał znalazł uznanie u wielu, jednak autorzy polecają stal o zawartości 0,86-0,95 % węgla i 0,25-0,60 % manganu. Zdanie ich oparte jest na tem, że żelazo magnetyczne musi być używane do kokil w stanie dość miękkim i o twardości od 160 do 200 jednostek Vickersa, różniącej się znacznie od twardości powłoki chromowej, wahającej się dla tego rodzaju roboty od 500 do 600 jednostek Vickersa. Wynikiem tego jest niedostatedzna wytrzymałość powleczonej kokili na uderzenia, a powłoka chromowa wykazuje skłonności do odpryskiwania. Węglista stal narzędziowa może być odpowiednio przygotowana dla przezwyciężenia tej trudności, najkorzystniej przez zahartowanie w oleju od 830°C i odpuszczanie przy 360° w przeciągu pół godziny dla zmniejszenia twardości do 450 jednostek Vickersa. Postepowanie to usuwa naprężenia wewnętrzne i zmniejsza szkodliwość spadku twardości między powłoką chromową, a materjałem podstawowym.

Powłoka chromowa może być położona na niklowej. Przyczynia się to do lepszego przylegania warstwy ochronnej i stanowi poprawę przy stosowaniu żelaza magnetycznego pod warunkiem dobrego wykonania powłoki. Przy stosowaniu stali weglistej autorzy polecają bezpośrednie chromowanie metalu podstawowego, nie widzą bowiem, jakie korzyści miałoby dać stosowanie niklowej warstwy pośredniej.

Przy określaniu grubości warstwy chromu należy pamiętać, że wzrost tej grubości zmniejsza odporność na uderzenia. Grubość 0,2 do 0,25 mm daje doskonałe wyniki pod względem odporności na zużycie mimo to jednak należy się poważnie zastanowić przed jej zastosowaniem. Zazwyczaj korzystniej będzie pracować w bliskości 0,05 mm i częściej odnawiać powłokę, aniżeli ponosić znaczny wydatek związany z nałożeniem grubej warstwy i narażać się na częste uszkodzenia

kokil. Podane grubości tyczą się oczywiście części oszlifowanej; przed szlifowaniem grubość warstwy chromu winna być o 0,05 mm większa. Szlifowanie wymaga tyleż zręczności i staranności ile samo osadzanie chromu i jest dokonywane przy pomocy średnio twardych tarcz, pracujących przy niewielkich szybkościach. Wszelkie krawędzie powinny być zaokrąglone przed rozpoczęciem osadzania chromu celem zwiększenia przylegania i przeciwdziałania narastaniu warstwy chromu w tych miejscach, poczem powinny być odpowiednio przeszlifowane.

Normalna tyglowa stal węglista posiada również zalety i znalazłaby prawdopodobnie zastosowanie jeśliby nie posiadano do dyspozycji innych typów materjałów. Skład zwykłej stali tego typu jest następujący: węgiel 1,15 % do 1,25 %, mangan 0,2 do 0,35 % i normalne ograniczenie nieczystości. Kokile wykonane z tego materjału winny być hartowane od temperatury 750-760° w wodzie o temperaturze 15-20° i odpuszczone do twardości około 650 jednostek Vickersa.

Jeśli kalkulacja i dokładność wykonania usprawiedliwiają to, wówczas szybciej zużywające się części kokili mogą być wykonane ze stali odpornej na wysokie temperatury. Odporność tych stali na erozję i korozję pozwala na zmniejszenie wydatków na konserwację kokili do minimum. Istnieje znaczna ilość takich stopów z których jeden, dający dobre wyniki posiada następujący skład: węgiel 0,35-0,45%, krzem 1,5-2,5 %, mangan 1,0-1,5 %, nikiel 25-30 %, chrom 14-16 %, wolfram 3,5 -4,5 %. W stanie wyżarzonym stal ta posiada granicę płynności 55 kg/mm², wytrzymałość na rozerwanie 79-102 kg/mm², przydłużenie 20 %, i twardość około 280 jednostek Vickersa i jest wyjątkowo odporna na powstawanie pęknięć międzykrystalicznych.

Wybór materjałów na rdzenie nie jest tak szeroki wskutek cięższych warunków, w których one pracują. Bardzo ważną sprawą jest skłonność tych części do miejscowego zużywania, które może uniemożliwić wydobycie rdzenia z odlewu. Ponadto warunki pracy powodują większe obciążenie rdzenia aniżeli samej formy, musi on być zatem wytrzymalszy. Warunki te wykluczają zastosowanie do tego celu żelaza i wskazują na możliwość użycia stali lanej, stali odpornych na gorąco i w wypadku stosowania masywnych, pustych wewnątrz rdzeni, półstali lanej / żeliwo z dodatkiem szmelcu stalowego/. Ostatnią kategorję materjałów reprezentuje następujący skład : węgiel /związany/ 0,9 %, węgiel / wolny/ 2,5 %, krzem 1,2 %, mangan 1,0 %, siarka 0,1 % max, fosfór 0,075 % max. Jeśli warunki lokalne na to pozwalają materjały podstawowe mogą być uodpornione przez kaloryzowanie lub chromowanie.

Kucie.

Podobnie do obrabialnych na gorąco stopów mosiądzu, bronz glinowy daje się z łatwością kuć i prasować w wysokich temperaturach. Czynności te wymagają nieco wyższej temperatury mianowicie od 900° do 750°, aczkolwiek mniejsze roboty mogą być wykonywane przy temperaturach znacznie niższych. Należy unikać nadmiernych odkształceń za jednem uderzeniem, może to bowiem za sobą pociągnąć przesunięcia międzykrystaliczne, powodujące miejscowe uszkodzenia i kruchość. Wady takie powstają w pewnej odległości od powierzchni zewnętrznej i usunięcie ich podczas obróbki nie jest możliwe. Ponadto należy pamiętać o tem, że dzięki znacznemu przewodnictwu cieplnemu metal bardzo szybko stygnie, gdy tymczasem powierzchowna obserwacja, oparta na zabarwieniu metalu, wskazywałaby na co innego. Bezpieczniej jest podgrzać odkuwany przedmiot wówczas, kiedy obserwacja wskazuje, że zbliża się on do dolnej granicy temperatur. Konsekwencją pracowania w zbyt niskich temperaturach będzie powierzchniowe utwardzenie i niedostateczne przerobienie wnętrza dużych przedmiotów

oraz szybkie schłodzenie małych przedmiotów, uniemożliwiające ich wyżarzenie. W wyniku tego materjał byłby w stanie wewnętrznego naprężenia i posiadałby pęknięcia i ścięcia we wnętrzu. Małe surówki, odkute przy właściwej temperaturze i ostudzone na ziemi, ulegną zahartowaniu i będą wymagały obróbki cieplnej przed obróbką mechaniczną. W większości wypadków surówki winny być obrobione cieplnie po odkuciu, ponieważ czynność kucia odbywa się w pewnym zakresie temperatur i przy różnym stopniu przekucia poszczególnych miejsc. Najważniejszym skutkiem przeróbki na gorąco jest zmniejszenie wymiarów kryształów; wady , istniejące w odlanym bloku pozostaną również w części odkutej.

Obróbka mechaniczna.

Obróbka bronzów glinowych będzie połączona z trudnościami, jeśli będzie się odbywała przy posuwach, szybkościach i kątach narzędzi, stosowanych przy obróbce pospolitszych metali nieżelaznych. Materjał ten jest ciągliwy i obróbce jego towarzyszą trudności, napotykane przy obróbce stali konstrukcyjnych o dużej wytrzymałości. Stosowanie podobnych posuwów i szybkości oraz narzędzi, posiadających taki kąt natarcia, jaki jest używany do obróbki tych stali, pozwala skrawać bronzy glinowe bez trudności. Przy rozpoczynaniu zbierania wióra należy narzędzie zagłębić dość głęboko pod warstwę powierzchniową pręta, odlewu lub surówki, ponieważ utleniona powierzchnia może zawierać znaczną ilość tlenków glinu, które bardzo szybko zedrą i stępią ostrze narzędzia. Tlenek glinu może również występować we wnętrzu przedmiotu, co nakazuje dobrze przemyślany dobór szybkości skrawania. Przy obróbce dużych sztuk i niewielkich szybkościach dobre wyniki da dobry emulgujący olej do skrawania, zmieszany z wodą w stosunku 20 do 1. Przy pracy z dużemi szybkościami na automatach lub rewolwerówkach poleca się zastosowanie dobrego gatunku sulfonowanego oleju do skrawania celem ochrony ostrza narzędzia i zapewnienia dobrego wykończenia przedmiotu.

/ dokończenie w następnym numerze./

---oooOooo---

KIERUNKI ROZWOJU WSPÓŁCZESNYCH SILNIKÓW I PALIW SAMOCHODOWYCH.
Neure Entwicklung von Autokraftstoff und Fahrzeugmotor
Wa. Ostwald.
Brennstoff-Chemie, 15. September 1933.

1. Wstęp.

Konstrukcja samochodów przechodzi ciągłe zmiany. Po wprowadzeniu przez Forda masowej precyzyjnej fabrykacji nastąpił pewien spokój, zamącony obecnie przez daleko posunięte współzawodnictwo, doprowadzające do stworzenia szeregu nowości konstrukcyjnych.

Godnemi uwagi są zmiany stosunku paliw do silników. Pod naciskiem wysokich ceł, nałożonych na benzynę i benzol, rozwinął się w Niemczech samochodowy silnik Diesla. Wskutek istnienia podatku od objętości skokowej doczekano się wysokich stopni sprężania, wymagających specjalnych paliw, celem usunięcia stukania silników. Nowe silniki samochodowe na małą moc dają doskonałe rezultaty zarówno pod względem mocy jak i zużycia paliwa. Pomiędzy niemi szczególną uwagę pod względem dokonanego postępu zwracają silniki dwusuwowe z przepłukiwaniem obiegowem /Umkehrspülung./ Nowe próby w konstrukcji silników lotniczych zmierzają do zastosowania benzyn wrzących w wyższych temperaturach / safety fuel/. W związku z tem należy się li-

czyć z zastąpieniem gaźnika przez pompki paliwowe. [1]

Z podanych, różnorodnych i pozostających bez widocznego związku kierunków kształtuje się obecnie dość wyraźna linja rozwojowa, której przedstawienie jest zadaniem niniejszego artykułu.

2. Własności paliw.

Od lat wiadomo, że z istniejących paliw można ułożyć szereg, na którego skrajach znajduje się z jednej strony paliwo najodpowiedniejsze do napędu silnika o zapalaniu iskrowem, z drugiej strony zaś paliwo nadające się do silnika wysokoprężnego. Szereg ten posiada z punktu widzenia silnika benzynowego mniejszą lub większą odporność na stukanie/ detonację/, wyrażoną w liczbach oktanowych, wartościach benzolowych i innych. Jeśli chodzi o silniki wysokoprężne, najważniejszą cechą paliw jest ta, którą możnaby nazwać skłonnością do zapalania, mierzona według ostatnich propozycyj [2] w liczbach cetenowych. Pojęcie tej skłonności łączy się również z temperaturą samozapłonu, odzwierciadlającą w bardzo nieznacznym stopniu tę skłonność, i z opóźnieniem zapłonu. Dumanois niedawno [3] przeprowadził dowód, że odporność na stukanie i skłonność do zapalania oznaczają to samo pojęcie z przeciwnemi znakami. Przez określanie odporności na stukanie benzyn, zmienianej dodatkami różnych olejów gazowych, uszeregował on te oleje w tej samej kolejności, jaką znaleźli Boerlage i Broeze, posługując się metodą oznaczania liczb cetenowych na podstawie opóźnienia zapłonu. Można zatem twierdzić, że skłonność do stukania i do zapalania oznaczają różne natężenia tego samego kompleksu właściwości. Pewne paliwo jest tem lepsze dla silnika o zapalaniu przy pomocy iskrownika, im jest odporniejsze na stukanie i mniej skłonne do zapalania, zaś do silnika wysokoprężnego nadaje się tem lepiej, im posiada większe skłonności do stukania i do zapalania.

Wymienione prace wnoszą do tej dziedziny dużą przejrzystość. Zadaniem przyszłości jest z jednej strony znalezienie ścisłej zależności pomiędzy podanemi właściwościami paliw, dotychczas oznaczanemi empirycznie na silnikach, a pewnemi cechami fizycznemi i chemicznemi, dającemi się wyznaczyć w laboratorjum, z drugiej strony zaś wyciągnięcie praktycznych wniosków z tych badań.

Prace takie są zwłaszcza potrzebne po stronie silników wysokoprężnych. Paliwa przeznaczone do tych silników są dotychczas dobierane do nich w znacznym stopniu drogą prób. [4] Jeśli pojęcie skłonności do zapalania utrzyma się i będzie mierzone już nawet nie w laboratorjum a na silniku próbnym, wówczas dobór i ulepszanie olejów dla Diesli poczyni szybkie postępy, podobnie jak to miało miejsce w dziedzinie silników benzynowych po ustaleniu sposobu pomiaru odporności na stukanie. Należy zaznaczyć, że istnieją usiłowania zwiększenia skłonności do zapalania paliw dla Diesli przez dodawanie do nich domieszek/ np. azotanu etylu/ lub przez wprowadzenie zmian do zachodzącego procesu cieplnego, /np. katalizatory/ podobnie jak się podnosi odporność na stukanie benzyn zapomocą domieszek benzolu, alkoholu i przez drobne ilości czteroetylku ołowiu i karbonylku żelaza.

1./ Porównaj tego samego autora:" Zwischen Benzin und Diesel", A.T.Z.1932 zeszyt 19 str.457," Safety Fuel" i Solid Injection" A.T.Z 1932 zeszyt 23 str.557.
2/ Boerlage i Broeze., Engineering 931, tom 82, str.603,687 i 755. SAE Journal 1932 tom 31 str.283.
3/ Dumanois, Le Génie Civil 1933 tom 52 Nr.16 str.379
4/ Porównaj sprawozdanie Schweitzera o pracach amarykańskich złożone na kongresie naftowym w Londynie 1933 r.

3. Własności silników.

W stosunku do silników o zapalaniu iskrowem ustalono już dość dawno pojęcie odporności silnika na stukanie[1]. Pojęcie to nie dało się utrzymać do obecnych czasów jakkolwiek od czasów Ricarda i później Whatmougha i Janeway'a nauczono się wybitnie zwiększać tę odporność. Obecnie powstało nowe pojęcie, określające, czy silnik jest przystosowany do benzyny. Do takich silników zalicza się te, które nie stukają przy zastosowaniu normalnej benzyny w normalnych warunkach pracy. Nieprzystosowany do benzyny jest silnik, wymagający do prawidłowej pracy paliw o większej odporności na stukanie/ mieszanki benzolowe i alkoholowe/.

Po powiązaniu przez Dumanois właściwości różnych paliw między sobą jest rzeczą niedalekiej przyszłości nietylko utworzenie wyżej wymienionego pojęcia skłonności pewnego paliwa do zapalania ale i odpowiadającego mu pojęcia skłonności do zapalania u silnika wysokoprężnego.

Dla lepszego zrozumienia pojęcia tej skłonności dla silnika posłuży przykład trudno zapalnych olejów, np. otrzymywanych z węgla kamiennego, nie nadających się do małych silników wysokoprężnych, pracujących natomiast dobrze w dużych jednostkach. Oznacza to, że duże silniki posiadają większą skłonność do zapalania aniżeli małe i że wskutek tego pierwsze z nich mogą pracować na paliwach o mniejszej skłonności do zapalania niż drugie. Podobnie jak należy dążyć do tego, aby dla każdego silnika benzynowego było przepisane paliwo o odpowiedniej liczbie oktanowej, tak samo należy się liczyć w przyszłości z możliwością podawania skłonności silników wysokoprężnych do zapalania i strzeżenia w ten sposób odbiorcy przed zastosowaniem paliw szkodliwych dla silnika.

Podniesienie odporności na stukanie silników o zapalaniu iskrowem nastąpiło przedewszystkiem drogą określonego ukształtowania przestrzeni dawkowej. Rozważania termodynamiczne skłoniły do nadania jej kształtu półkulistego, następnie zaś wprowadzono na drodze empirycznej rozczłonkowanie tej przestrzeni ze specjalnem umieszczeniem świecy, co zwiększyło w dużym stopniu odporność silnika na stukanie. Poprawa ta nastąpiła dlatego, że w przeciwieństwie do założenia przyjętego w termodynamice spalenie mieszanki nie odbywa się bynajmniej w przeciągu jednej chwili i że na ten czas spalania mają łączny wpływ takie czynniki, jak miejsce rozpoczęcia spalania, kształt przestrzeni dawkowej, szybkość przebiegania reakcji i poruszanie się tłoka.

/ opuszczono ustęp - patrz str. 41./

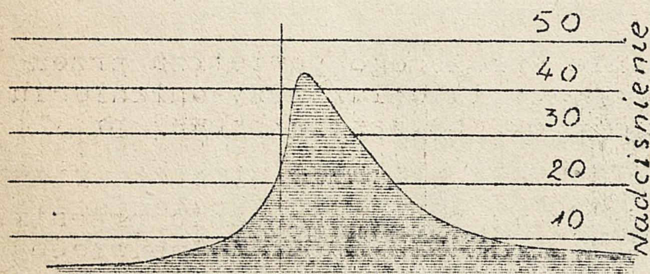
Jeśli odnieść powyższe okoliczności do wspólnej skali oktanowo-cetenowej, wówczas okazuje się, że rozczłonkowanie przestrzeni dawkowej w silniku o zapalaniu iskrowem przyczynia się do zwiększenia odporności silnika na stukanie i pozwala na pędzenie silnika o tym samym stopniu sprężania paliwem o niższej liczbie oktanowej; to samo celowo dokonane rozczłonkowanie przestrzeni dawkowej silnika wysokoprężnego pociąga za sobą zwiększenie skłonności tego silnika do zapalania i umożliwia stosowanie do napędu tego silnika paliw o mniejszej skłonności do zapalania to znaczy o wyższej liczbie oktanowej. Widać zatem, że to samo celowe rozczłonkowanie przestrzeni dawkowej obu rodzajów silników osiąga przeciwne skutki.

Dla wytłumaczenia tego należy sobie przedewszystkiem zdać sprawę z tego, że przebieg spalania w obu rozpatrywanych rodzajach sil-

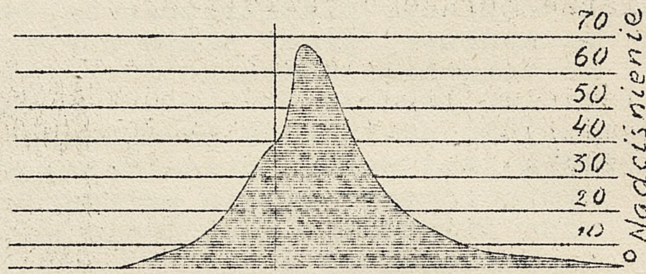
---

1/ Wa. Ostwald:"Die Kompressionsfestigkeit der Motoren", Auto-Technik 1927, Nr. 8 str. 5. "Die Kompressionsfestigkeit im praktischen Kraftfahrbefrieb", Allg. Automobil-Zeitg. 1927 Nr. 34.

ników tylko w nieznacznym stopniu odpowiada teoretycznemu i nie odbywa się przy stałym ciśnieniu względnie przy stałej temperaturze. Porównywując wykresy indykatorowe pracy silnika o zapalaniu iskrowem i wysokoprężnego, /rys. 1 i 2 /, otrzymane według nowej metody, opracowanej przez DVL 1/, nasuwa się spostrzeżenie wzajemnego podobieństwa między niemi. Charakterystyczną różnicą między niemi jest to, że spalanie przed zwrotnym punktem zachodzi w większym stopniu w silniku o zapalaniu iskrowem aniżeli w wysokoprężnym.



Rys. 1. Wykres indykatorowy silnika o zapalaniu iskrowem.



Rys. 2. Wykres indykatorowy silnika wysokoprężnego.

Dla lepszego uzmysłowienia sobie przeciwnego wpływu jaki pociąga za sobą rozczłonkowanie przestrzeni dawkowej w obu rodzajach silników wpływ tego przekształcenia zostanie poniżej rozpatrzony. Przy silniku o zapalaniu iskrowem w grę wchodzi gotowa mieszanka a zadaniem jest tak wpłynąć na rozprzestrzenienie się spalania, rozpoczynającego się w jednym punkcie, aby reszta niespalonej mieszanki nie osiągnęła w pewnej chwili takiego ciśnienia i temperatury, przy których nastąpi samozapłon i spalenie w przeciągu jednej chwili, wraz z towarzyszącem mu stukaniem 2/. Rozczłonkowanie przestrzeni dawkowej i właściwe umieszczenie świecy rozwiązuje to zadanie przez wprowadzenie wirowania/ Ricardo/ i jednokierunkowego przepływu / Whatmough/.

Przy silniku Diesla chodzi o osiągnięcie innego celu. W przestrzeni dawkowej znajduje się ładunek gorącego powietrza, do którego zostaje wtryśnięta z pewnego punktu odmierzona ilość paliwa w ten sposób, ażeby w miarę wtryskiwania następowało spalanie i żeby przytem nastąpiło/ w wypadku pełnego obciążenia/ całkowite wyczerpanie tlenu we wszystkich częściach przestrzeni dawkowej / celem zwiększenia mocy, otrzymanej z jednostki objętości/. Każde opóźnienie w spalaniu wtryskiwanej ilości, czy ono będzie spowodowane przez niewłaściwe prowadzenie powietrza, czy przez trudną zapalność oleju prowadzi do nagromadzenia się niespalonego paliwa, które się następnie spala ze stukiem.

Inaczej mówiąc: celowe rozczłonkowanie przestrzeni dawkowej w silniku o zapalaniu iskrowem ma za zadanie takie działanie na przebieg spalania mieszanki, zapalonej w jednym punkcie, aby w żadnym momencie spalania nie powstały w przestrzeni dawkowej takie warunki ciśnienia i temperatury, przy których następuje samozapalenie pozostałej reszty.

Przeciwnie do tego rozczłonkowanie przestrzeni dawkowej w silniku Diesla ma na celu spełnienie następujących zadań:

1/ Patrz skrót artykułu Brandta i Viehmanna w tym samym numerze.
2/ Podane ujęcie zjawiska stukania / detonacji/ ustalone w 1926 r. A.T. 1926 zeszyt 4 str. 5 /zostało potwierdzone przez nowsze badania, w szczególności Auera/"Untersuchungen über das Klopfen von Vergasermotoren", Forschungsheft 340 VDI, Berlin 1931 /.

a/ Niezawodne zapalenie przy zapuszczaniu silnika na zimno / dostatecznie wysoka temperatura sprężonego powietrza w bezpośredniej bliskości wtryskiwacza/.

b/ Możliwie dalekie zmniejszenie opóźnienia zapłonu przy wszelkich obciążeniach/ dla uniknięcia stukania/.

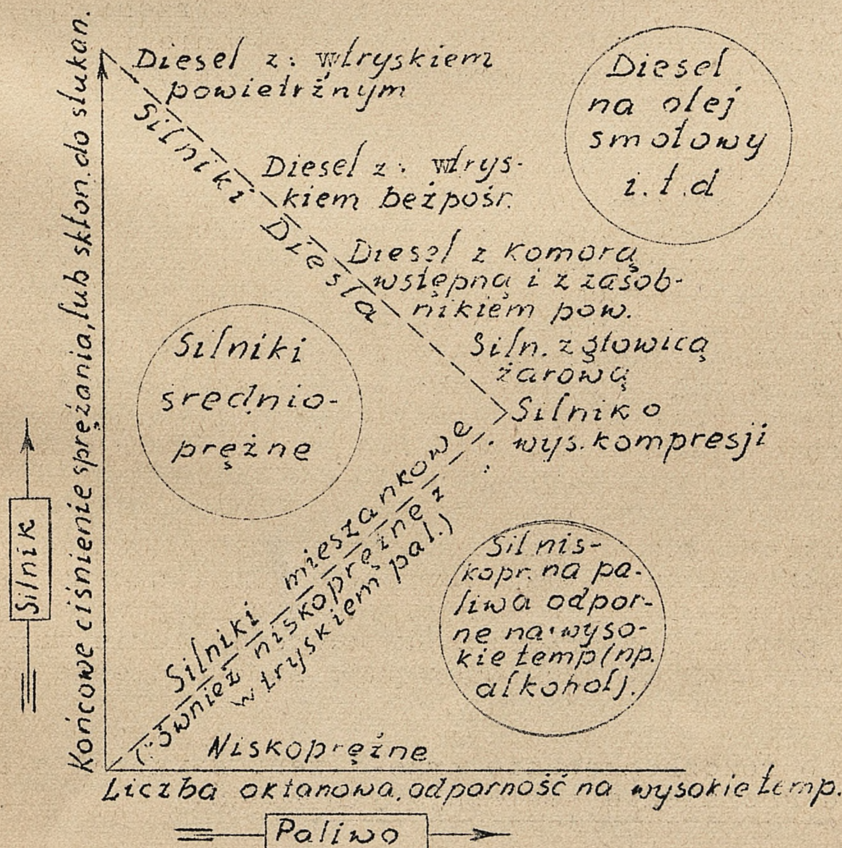
c/ Spokojny bieg luzem/ przez niezawodne, nieopóźnione i całkowite spalenie małych i źle rozpylonych dawek paliwa w dużym nadmiarze gorącego powietrza/.

d/ Możliwie całkowite wyzyskanie sprężonego powietrza przez niewielką ilość paliwa podczas pełnego obciążenia/ przy uniknięciu dymienia/ a zatem całkowite wyzyskanie przestrzeni skokowej przy możliwie dużej mocy z litra.

Z porównania tego widać, że właściwe rozczłonkowanie przestrzeni dawkowej w silniku o zapalaniu iskrowem działa mniej lub więcej samo za siebie, podczas gdy to samo przekształcenie w silniku Diesla musi być dokonywane w ścisłym związku z samym wtryskiem. Z tego względu było rzeczą trudną przejście przy małych silnikach od wtrysku powietrznego do bezpowietrznego. Posługiwanie się powietrzem jako środkiem wtryskującym jest połączone z wyzyskiwaniem większych ilości energji celem dostatecznego rozdzielenia wtryśniętych małych objętości paliwa. Przy silnikach bezsprężarkowych do dyspozycji rozpylania stoi jedynie ciśnienie wytwarzane przez pompkę paliwową.

4. Współdziałanie własności paliwa i silnika.

Na podstawie tych rozważań można, zgodnie z badaniami Dumanois, utworzyć z istniejących paliw i silników układ, przedstawiony na rys. 3. Wykres ten ma nie tylko za zadanie usystematyzowanie osiągniętych rezultatów ale i wskazuje na dziedziny, które dotychczasowy rozwój paliw i silników zaniedbał. Są to przedewszystkiem silniki średnioprężne/ opatentowane oddawna przez Gentscha i Büchnera/, niskoprężne na paliwa odporne na stukanie / jak alkohol lub benzol/ i wysokoprężne na paliwa odporne na stukanie, /jak olej smołowy i.t.d. /. Schemat ten uwypukla celowość ustalenia pojęć odporności na stukanie lub odwrotnie, skłonności do spalania dla silników i odpowiadających im pojęć skłonności do stukania lub do zapalania albo też odporności na stukanie i wytrzymałości na wysokie temperatury dla paliw.



Rys. 3.

5. Nowe drogi.

a/ Współczesny rozwój silnika dwusuwowego.

Przejrzystość teoretyczna cyklu silnika czterosuwowego cieszy się dużemi względami naukowców podczas gdy silnik dwusuwowy ze swoją prostotą budowy nęci wielką liczbę praktyków.

Po porównaniu technicznej strony silnika czterosuwowego i dwusuwowego musi się wydać rzeczą dziwną, dlaczego czterosuw zajmuje dziś stanowisko dominujące w budowie samochodów. Jedynemi częściami ruchomemi dwusuwu są tłok, korbowód i wał wykorbiony, podczas gdy w czterosuwie dochodzi do tego wszystkiego jeszcze specjalnie napędzany wałek rozrządczy z trudnemi do wykonania kułakami oraz cały układ zaworów z należącemi do nich popychaczami, rolkami i t.d. Po wzięciu jeszcze pod uwagę niedostatecznego zazwyczaj smarowania trzonków zaworów i wysokich wymagań stawianych szczelności siedzeń zaworowych oraz prostoty silnika dwusuwowego wraz z jego uproszczonym rozrządem szczelinowym, różnica w prostocie budowy wystąpi szczególnie wyraźnie na korzyść dwusuwu. Podczas gdy w dziedzinie silników stałych o dużych mocach i niewielkich obrotach dwusuw uzyskał oddawna już równouprawnienie z czterosuwem, to szybkobieżny dwusuw cierpiał do niedawna na złą pracę luzem, nadmierne zużywanie paliwa i zbyt małą moc przy niskich obrotach. Trudności odprowadzania ciepła i zapalania, towarzyszące zasadzie dwusuwu, zostały już od dłuższego czasu przezwyciężone.

Wymienione wady pochodzą z pierwotnego i niedość dobrego prowadzenia gazów w dwusuwie. Gazy te są kierowane przez specjalny występ na tłoku który się łatwo przepala przy zbyt ubogiej mieszance.

Ostatnio udało się Dr.Schnürle ze Stuttgartu wyzyskać doświadczenia poczynione na dużych silnikach Diesla przez wprowadzenie do małych dwusuwów nowego sposobu przepływu, t.zw. przepłukiwania obiegowego/ Umkehrspülung/; w miejsce dotychczasowego odchylenia strumienia w kierunku pionowym wprowadził on dopływ w kierunku stycznym w dwóch miejscach i odpływ spalin w kierunku centralnym w dwóch przeciwległych punktach bez posługiwania się tłokami o specjalnych występach. Ta prosta zmiana silnika posiada wielkie znaczenie praktyczne, ponieważ zwiększa stosunek mocy do objętości skokowej i poprawia znacznie pracę silnika przy małych obciążeniach i przy biegu luzem. Do tego dochodzi jeszcze znaczna przystosowalność do benzyny silników wykonanych według tego sposobu nawet jeśli posiadają one prostą przestrzeń dawkową o kształcie półkulistym / ustalenie stopnia sprężania w silnikach dwusuwowych natrafia na trudność zdefinjowania ze względu na obecność szczelin/. Dalszym korzystnym objawem jest zmniejszenie się zanieczyszczania szczelin, wymagających przy silnikach o tłokach z występami częstego czyszczenia, nawet wówczas, gdy smarowanie odbywa się przez dodanie smaru do paliwa.

Omówiony postęp ugruntował podstawę współzawodnictwa dwusuwu z czterosuwem. Dotychczas budowano dwusuwy do pojemności 350 cm^3 na cylinder, posiadające nie więcej niż dwa cylindry o łącznej objętości 700 cm^3. Obecnie należy oczekiwać opanowywania większych objętości przez powiększanie poszczególnych cylindrów lub ich liczby, tembardziej, że system przepłukiwania według Schnürlego pozwala się spodziewać powiększenia objętości poszczególnych cylindrów.

Nie będzie zbyt śmiałem twierdzenie, że wyparcie czterosuwu przez dwusuw przynajmniej w dziedzinie małych silników jest kwestją niedalekiej przyszłości.

b/ Silniki samochodowe Diesla z przepłukiwaniem obiegowem.

W dalszym ciągu należy się spodziewać, że wyżej opisane doświadczenia zostaną wyzyskane do zbudowania samochodowych dwusuwów wysokoprężnych z przepłukiwaniem obiegowem. Korzyści płynące z zastosowania takiego silnika polegałyby na uproszczeniu nietylko konstrukcji samego silnika ale i przestrzeni dawkowej 1/.

c/ Dwusuwy o zapalaniu iskrowem i oddzielnym wtrysku paliwa z przepłukiwaniem obiegowem.

Jest do przewidzenia, że wypełni się ta luka w układzie silników, którą usiłowano przeszło dziesięć lat temu zapełnić przez zbudowanie gaźnika na ciężkie paliwo, zresztą bez powodzenia. Te dążenia idą w kierunku prac lotnictwa amerykańskiego i francuskiego, zmierzających do wyłączenia z użycia w lotnictwie paliw niskowrzących. Przejście na Diesle lotnicze nie wydaje się łatwe ze względu na większy ciężar i wstrząśnienia podczas pracy, myśli się natomiast o zastosowaniu benzyny wyżej wrzącej. Takie trudno zapalające się paliwa nadają się do pędzenia silnika z gaźnikiem po jego rozgrzaniu, cała trudność zatem leżałaby w rozruchu. Jeśli do zapuszczania będzie stosowana lekka benzyna, wówczas cel zmniejszenia niebezpieczeństwa pożaru nie będzie osiągnięty. Wobec tego nasuwa się myśl zastąpienia gaźnika przez pompkę wtryskującą. Trudności wiążące się z używaniem cięższych paliw i z zapuszczaniem silników są spowodowane przez gaźnik i przewody wlotowe. Mieszanka, zawierająca rozpyloną benzynę ciężką zapala się łatwo pod wpływem iskry. Jeśli paliwo zostanie wtryśnięte do cylindra bezpośrednio / ustalenie chwili wtrysku jest dalszą sprawą/ wówczas odpadają zarówno niebezpieczeństwo rozcieńczania smaru przez paliwo kondensujące się na ściankach przewodów wlotowych jak i obawa pogorszenia smarowania tłoka 2/.

Pompki paliwowe dla samochodowych silników wysokoprężnych doszły już do takiego stopnia rozwoju, że można się w krótkim czasie spodziewać wprowadzenia niedrogich pompek dla paliw lżejszych.

Mimo znacznego stopnia rozwoju współczesnych gaźników w interesie samochodów leży pozbycie się tego urządzenia. We wszystkich dzisiejszych wykonaniach komora pływakowa lub inne odpowiednie urządzenie gaźnika są połączone z atmosferą, co stwarza niebezpieczeństwo pożaru i strat paliwa. Przez zastąpienie gaźnika pompką paliwo byłoby odcięte od atmosfery na całej drodze przepływu od zbiornika do silnika, a niebezpieczeństwo pożaru byłoby w znacznym stopniu wyłączone.

Jeśli się liczyć z mającem w przyszłości nastąpić wyrugowaniem gaźników przez pompki paliwowe wówczas wyłania się pytanie, czy nie byłoby korzystnem wprowadzenie w miejsce dzisiejszych benzyn o dużej zawartości składników lekkich benzyn wyżej wrzących i tem samem odporniejszych na zapalanie. Dzisiaj stosowane paliwa zawierają / poza względami fabrykacyjnemi / składniki lekkie tylko po to, aby umożliwić zaskakiwanie silnika przy niskich temperaturach. Ze zniknięciem gaźników i przewodów wlotowych powód ten stanie się nieistotny, co pozwoli na stosowanie paliw wyżej wrzących lub ostrzej frakcjonowanych od dołu.

1/ Opóźnienie w zrealizowaniu tego pomysłu zostało spowodowane trudnościami patentowemi.
2/ Porównaj Wa. Ostwald: "Safety Fuel" i " Solid Injection" A.T.Z. 1932 Nr. 23 str. 557.

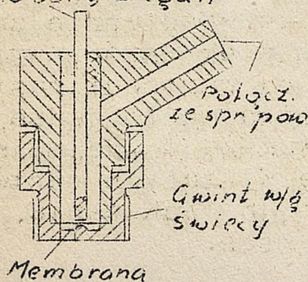
6. Zakończenie.

Przegląd nowych kierunków, panujących w dziedzinie silników i paliw samochodowych dowodzi istnienia dużego ożywienia na tem polu. Wprowadzono ostatnio ważne nowości i należy wkrótce oczekiwać dalszych zmian. Poszukiwania nad stukaniem paliw w silnikach wskazują na istnienie ważnych zależności, wskazujących na możliwości dalszego rozwoju. Dla chemika szczególnie zajmującą jest kwestja wpływania na szybkość reakcyj zachodzących w silniku przez środki fizyczne jak celowe rozczłonkowanie przestrzeni dawkowej. Prowadzi to do myśli oddziaływania na przebieg w czasie innych reakcyj chemicznych zapomocą podobnych środków.

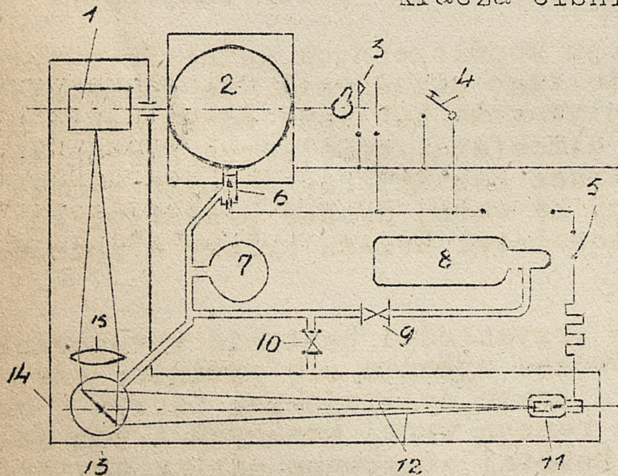
---oooOooo---

NOWY INDYKATOR DO SILNIKOW SZYBKOBIEŻNYCH /skrót/
Der DVL-Glimmlampen-Indikator für schnellaufende Motoren
Richard Brandt i Heinrich Viehmann
Automobiltechnische Zeitschrift, 25. Juni 1933.

Indykator ten buduje wykresy średnie dla większej ilości obrotów silnika, podobnie jak indykator Farnborough, i składa się zasadniczo z nadajnika, wkręconego w cylinder, i z urządzenia optycznego, naświetlającego wykresy na papierze światłoczułym. Na jedną stronę membrany nadajnika / rys.1/ działa ciśnienie, panujące we wnętrzu przestrzeni dawkowej, na drugą zaś nastawione ciśnienie powietrza z butli. Zetknięcie membrany z izolowanym biegunem nadajnika włącza lampkę, rzucającą promień światła na papier fotograficzny, założony na bęben, który jest napędzany przez wał wykorbiony/rys.2/ Palenie się lampki trwa za każdym razem tak długo, jak długo ciśnienie we wnętrzu silnika przekracza ciśnienie po drugiej stronie membrany. W chwili zapalenia i zgaśnięcia lampki oba te ciśnienia są sobie równe, a wielkość ich na wykresie może zostać odczytana dzięki temu, że na drodze promienia, rzucanego przez lampkę, znajduje się zwierciadło, odchylające promień na wyższe lub niższe części wykresu. Położenie tego zwierciadła jest bezpośrednio nastawione przez ciśnienie powietrza z butli. W rezultacie otrzymuje się wykres złożony z poziomych linij, których długość oznacza, jak długo ciśnienie we wnętrzu silnika przekraczało nastawione przeciwciśnienie, i których odległość



Rys. 1
Schemat nadajnika.



Rys. 2. Schemat indykatora.
1. Bęben rejestrujący
2. Silnik
3. Urządz. do oznacz. zwrotn. punktu
4. Kontakt do cechowania
5. Kontakt do włączania lampki
6. Nadajnik
7. Manometr do cechowania
8. Butla ze sprężonem powietrzem
9. Zawór dławiący.
10. Zawór wypuszczający powietrze.
11. Lampka.
12. Bieg promieni
13. Zwierciadło nastawione przez ciśn.
14. Skrzynka nieprzepuszcz. światła.
15. objektyw.

od osi odciętych wskazuje wielkość tych przeciwciśnień.

Każdy wykres / patrz rys. 1 i 2 na str.30 / zostaje wycechowany przez wykreślenie na nim poziomych linij w chwili, gdy specjalny dokładny manometr wskazuje, że ciśnienie powietrza z butli posiada wartość, którą się zamierza nanieść. Celem wykreślenia linij cechujących należy przycisnąć kontakt, powodujący świecenie się lampki podczas całego obrotu bębna.

Do oznaczania zwrotnego punktu służy kułak, obracający się wraz z wałem wykorbionym i włączający w odpowiedniej chwili specjalny kontakt. W ten sposób powstaje pionowa linja, złożona z punktów, będących w istocie rzeczy niezmiernie krótkiemi poziomemi linjami.

Podczas gdy nadajnik indykatora Farnborough staje się niezdatny do użytku po wykreśleniu około 20 wykresów, to po ośmiogodzinnej pracy tego indykatora nie dało się wykryć na membranie nadajnika, będącej częścią urządzenia najbardziej narażoną na zużycie, żadnych śladów uszkodzenia. Obciążenie membrany jest zresztą minimalne i wynosi 10 - 20 mA przy 250 V.

Zdejmowanie wykresu ma przebieg następujący: przy pomocy zaworu dławiącego na butli nastawia się ciśnienie powietrza w przewodzie, połączonym z wnętrzem nadajnika powyżej przypuszczalnej wartości maksymalnego ciśnienia, występującego w silniku. Następnie zawór dławiący zostaje zamknięty i otwiera się cokolwiek zawór, wypuszczający powietrze z przewodu. Spadanie ciśnienia od wartości nastawionej do atmosferycznego trwa przy 1500 obr/min silnika około jednej minuty. Podczas uchodzenia powietrza włącza się lampkę i zdejmuje wykres. Jednocześnie z tem włącza się na chwilę w stałych odstępach ciśnienia, naprzykład co 10 atmosfer, kontakt do cechowania, uzyskując w ten sposób poziome linje, obiegające wykres.

---oooOooo---

Ustęp opuszczony na str. 35.

Podobnie do silnika o zapalaniu iskrowem przy silnikach wysokoprężnych rozpoczęto coprawda nie od półkulistego kształtu przestrzeni dawkowej, niemożliwego do zastosowania ze względu na wymagany stopień sprężania, ale od przestrzeni o kształcie płaskiej okrągłej tarczy. Tu również okazało się, że rozczłonkowanie przestrzeni dawkowej daje dobre wyniki, co stwierdzono na silnikach z komorą wstępną, z zasobnikiem powietrza i innych.

---oooOooo---

WSPÓŁPRACA NAUKOWA:

inż.Kontowtt Stanisław, inż.Strzeszewski Włodzimierz,
inż.Sliwiński Jan, inż. Tuszyński Jan.

Wydawca i redaktor: inż. Tuszyński Jan.

ODBITO W ZWIAZKU SŁUCHACZOW ARCHITEKTURY - KOSZYKOWA 55. tel.8-77-68



V
B
J
C
4664
III